



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JARNO ARKKO
TEOLLISUUSROBOTIIKKA AMK OPETUKSESSA; TYÖELÄMÄN
VAATIMUKSET
Diplomityö

Tarkastaja: professori Minna Lanz
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 5. joulukuuta
2018

TIIVISTELMÄ

Jarno Arkko: Teollisuusrobotiikka AMK opetuksessa; työelämän vaatimukset
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 82 sivua, 5 liitesivua
Joulukuu 2018
Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Tuotantotekniikka
Tarkastaja: Professori Minna Lanz

Avainsanat: teollisuusrobotti, haastattelu, opetus, oppiminen

Robotiikkaa käytetään eri teollisuuden aloilla erilaisissa tehtävissä ja yksi kymmenestä työntekijästä, joka on teollisuuden työssä, on jonkinlaisen robotin kanssa tekemisissä. Työt muuttuvat koko ajan enemmän ja enemmän teknisimmiksi, joka asettaa vaatimuksia myös koulutuksen suhteen. Valtioneuvosto asettaa tavoitteeksi älykkään robotiikan ja automaation kehityksen sekä laajan hyödyntämisen vuoteen 2025 mennessä, joka myös asettaa kehityspaineita teknisen alan korkeakoulutukseen.

Diplomityö tehtiin Seinäjoen ammattikorkeakoululle, Mixed Reality and Collaborative Robotics -projektin yhteydessä. Työ käsittelee teollisuusrobotiikkaa AMK opetuksessa ja opetukseen kohdistuvia työelämän vaatimuksia. Työssä selvitetään myös alueellisesti yritysten mielipiteitä teollisuusrobotiikasta ja siihen liittyvistä tuotannollisista riippuvuuksista. Työ alkaa kirjallisuuskatsauksella, jossa perehdytään teollisuusrobotiikan syntyyn teollisten vallankumousten myötä, teollisuusrobotiikan tekniikkaan sekä opetukseen ja oppimiseen teknisellä alalla. Kirjallisuuskatsauksen jälkeen SeAMK:n oppimisympäristöille ja opintojaksolle tehdään nykytilakartoitus. Nykytilakartoituksessa SeAMK:n opintojaksoa verrataan muihin kansallisten ammattikorkeakoulujen robotiikan opintojaksoihin. Tiedon kerääminen suoritettiin kahdessa osassa, teemahaastattelulla ja kyselyhaastattelulla. Työssä päästiin käyttämään myös ajankohtaista VTT:n kyselyhaastattelututkimusta.

Työn tuloksena saatiin alueellista tietoa ja mielipiteitä yritysten teollisuusrobotiikan tilasta. Tuloksena saatiin myös kompetensseja teollisuusrobotiikasta, joita teollisuuden yritykset arvostavat. Näitä tuloksia voitiin verrata AMK opetuksen nykytilaan. Työn tuloksena luotiin ehdotelma teollisuusrobotiikan opetukseen SeAMK:ssa, jotta yritysten arvostamat kompetenssit otettaisiin mahdollisimman hyvin huomioon. Tällä ehdotelmalla SeAMK:ssa olevat oppimisympäristöt saataisiin tehokkaaseen käyttöön.

ABSTRACT

Jarno Arkko: Worklife requirements for teaching industrial robotics in university of applied sciences

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 82 pages, 5 Appendix pages

December 2018

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Production Engineering

Examiner: Professor Minna Lanz

Keywords: industrial robot, interview, teaching, learning

Industrial robots are used in different areas of industrial jobs and one of ten employees who are working in industry, is somehow dealing with robots. Work is changing more technical all the time, which is also setting challenges for education. Government has set national target, that Finland is using and developing smart robots and automation systems by year 2025, which is growing development pressures for technical universities of applied sciences.

Thesis was done for Seinäjoki university of applied sciences, beside doing project called Mixed Reality and Collaborative Robotics. Thesis processes teaching of industrial robots in university of applied sciences and industries demands set for teaching robotics. Investigation is done for opinions of industrial robots and to find out what are needed competences for graduated engineers. Thesis starts with literature survey which consists rise of industrial robots by industrial revolutions, technical aspects of industrial robots and teaching as well learning in technical sector. After literature survey, present state of learning environments and study module are surveyed. Seinäjoki UAS study module is also compared to other national UAS study modules. Interviews were done in two parts, semi-structured and questionnaire interviews. Thesis was also able to benefit from topical questionnaire interview done by VTT.

This thesis results are knowledge about current state and opinions of industrial robots currently in area of Ostrobothnia. Results also indicated important competences appreciated by industrial companies. These results could be compared to current learning plan of robotics in Seinäjoki university of applied sciences and nationally. As a result, proposal could be done to improve study module of industrial robotics, where appreciated competences are taken in to account. With this proposal, learning environments are used extensively.

ALKUSANAT

Diplomityö tehtiin Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy:lle, jota tahdon kiittää mahdollisuudesta opiskeluun ja työn tekemiseen. Kiitokset myös Toni Luomanmäelle, joka toimi työpaikan yhteyshenkilönä ja työn tarkastajalle Minna Lanzille sekä Jyrki Latokartanolle joka toimi työn ohjaajana.

Erityiskiitokset perheelleni, Anniinalle ja Alisalle, jotka ovat olleet erittäin joustavia ja ovat tukeneet opiskeluani pyyteettömästi. Kiitokset myös kaikille muille työssä auttaneille ja työn toteuttamiseen tarvittaviin haastatteluihin osallistuneille.

Seinäjoella, 16.12.2018

Jarno Arkko

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Työn tarkoitus ja tavoite.....	2
1.3	Työn rakenne.....	3
1.4	Mixed Reality and Collaborative Robotics -projekti	4
1.5	Aikaisemmat tutkimukset.....	5
1.6	Tutkimusmenetelmät.....	6
2.	TEOREETTINEN OSUUS.....	8
2.1	Teollisuuden neljä vallankumousta.....	8
2.1.1	Robottien tyypit.....	13
2.1.2	Teollisuusrobotit	14
2.1.3	Teollisuusrobottien työkalut ja ohjelmointi	16
2.1.4	Yhteistyörobotiikka.....	17
2.1.5	Robotiikan turvallisuus	19
2.1.6	Konenäkö ja robotiikka	24
2.2	Oppiminen ja opetus teknisellä alalla.....	24
2.2.1	Ongelmalähtöinen oppiminen	29
2.2.2	Elinikäinen oppiminen	31
2.2.3	PLE ja PLN	32
2.2.4	AHOT -menettely	33
2.2.5	Oppimisympäristöt ja teknologia	34
2.2.6	Yhteenveto	35
2.3	Haastattelu	35
2.3.1	Teemahaastattelu.....	39
2.3.2	Asiantuntijahaastattelu	39
2.3.3	Kyselyhaastattelu	39
2.3.4	Haastatteluiden kohdejoukko ja lukumäärä	40
2.3.5	Yhteistyörobotiikan kyselyhaastattelu	41
3.	NYKYTILAN KARTOITUS	42
3.1	Robotiikka teollisuusyrityksissä.....	42
3.2	Robotiikka ammattikorkeakouluissa	42
3.3	Robotiikan opintojakso SeAMK:ssa	46
3.4	Opetussuunnitelmien vertailu.....	48
3.5	Oppimisympäristöt SeAMK:ssa.....	49
4.	TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI.....	54
4.1	Haastattelut.....	54
4.2	Robotiikan osaamisalueet ja opintojakso	59
4.3	Yhteistyörobotiikka.....	64
4.4	Opintojaksolla käytettävät robotit ja oppimisympäristöt	72
5.	YHTEENVETO JA POHDINTA	73

LÄHTEET.....	76
--------------	----

LIITE A: KYSELYHAASTATTELULOMAKE

FIGURES

<i>Kuva 1 Tutkimuksen eteneminen</i>	4
<i>Kuva 2 Tuottavuus ja teollisuuden vallankumoukset (Ahmed 2017)</i>	9
<i>Kuva 3 Teollisen vallankumouksen vaiheet (Triton Innovation: Industry 4.0 2017)</i>	10
<i>Kuva 4 Teollisen ja kuluttajien internetin yhdistyminen (Collin & Saarelainen 2016)</i>	12
<i>Kuva 5 Robotiikan jaottelu toimintaympäristön ja mekaniikan mukaan (Mordechai & Francesco 2018, s. 2)</i>	13
<i>Kuva 6 Robottityypin jaottelu sen tehtävän mukaisesti (Mordechai & Francesco 2018, s. 3)</i>	14
<i>Taulukko 1 On-line ja off-line ohjelmointimenetelmiä (Malm et al. 2008, s. 95)</i>	17
<i>Kuva 7 Yhteistyörobottien markkinaennuste (Inkwood Research)</i>	18
<i>Kuva 8 Riskien arvioinnin ja hallinnan prosessi (Siirilä & Tytykoski 2016, s. 164)</i>	21
<i>Kuva 9 Teollisuusrobotteihin liittyvät tyypillisimmät turvalaitteet ja standardit (ISO 10218-2 2011, s. 53)</i>	23
<i>Kuva 10 Oppimisteorioiden rakentuminen (Pylkkä 2018)</i>	26
<i>Kuva 11 Suomen koulutusjärjestelmä (Opetushallitus 2018)</i>	28
<i>Kuva 12 Ongelmalähtöisen oppimisen (Problem Based Learning) ero perinteiseen oppimiseen (Webb 2018)</i>	30
<i>Kuva 13 Oppijan henkilökohtainen oppimisverkosto (perustuu lähteeseen Warlick 2009, s 15)</i>	33
<i>Kuva 14 Yhteistyörobotiikan kehityskohteet (Aaltonen & Salmi 2018, s. 14)</i>	41
<i>Kuva 15 Kone- ja tuotantotekniikan laboratorion Fanuc robotit</i>	50
<i>Kuva 16 Portaalliradalla liikkuva ABB robotti</i>	51
<i>Kuva 17 Motoman ja ABB robotit robotiikan laboratoriossa</i>	51
<i>Kuva 18 Omron LD-90 mobiilirobotti</i>	52
<i>Kuva 19 Viivaskanneri materiaalitekniikan laboratoriossa</i>	53
<i>Kuva 20 Cognex konenäkökamera materiaalitekniikan laboratoriossa</i>	53
<i>Kuva 21 Henkilöstömäärän jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken</i>	54
<i>Kuva 22 Robottien määrän jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken</i>	54
<i>Kuva 23 Päätoimialan jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken</i>	55
<i>Kuva 24 Vastanneiden yritysten sijainnin jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken</i>	55
<i>Kuva 25 Robottien tehtävien jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken</i>	56
<i>Kuva 26 Yritysten näkemys tarvittavista kompetensseista</i>	57
<i>Kuva 27 Esitettyjen väittämien keskiarvot ja keskihajonta</i>	58
<i>Kuva 28 Osa-alueiden keskiarvot sekä keskihajonnat</i>	60
<i>Kuva 29 Robotiikan peruskurssin jaottelu</i>	62

<i>Kuva 30 Robotiikan jatkokurssin jaottelu</i>	63
<i>Kuva 31 UR5 robotti kiinnitettynä pöytään (Janne Kapela 2018)</i>	64
<i>Kuva 32 UR10 robotti kiinnitettynä pöytään (Janne Kapela 2018)</i>	65
<i>Kuva 33 Yhteistyörobotiikan opintojakson aihehahmotelma</i>	68
<i>Kuva 34 Yhteistyörobotiikan opintojakson painotuksen ehdotus</i>	70
<i>Kuva 35 Yhteistyörobotiikan painotukset</i>	71

LYHENTEET JA MERKINNÄT

3D	Kolmiulotteinen
4D	Neliulotteinen
EAKR	Euroopan aluekehitysrahasto
IOT	Internet Of Things - esineiden internet
ISO	International Organization for Standardization – Kansainvälinen standardisoimisjärjestö
Ortonormaali	Vähintään kaksi vektoria, jotka ovat toisiinsa nähden kohtisuorassa ja niiden pituus on 1

.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

”Vuoteen 2025 mennessä Suomi on älykästä robotiikkaa ja automaatiota valmistava, kehittävä ja laajasti hyödyntävä maa, jossa monia yhteiskunnallisia haasteita, kuten terveydenhuollon palveluja, julkihallinnon tietotyötä ja liikenteen järjestämistä, on ratkaistu nykyistä laadukkaammin ja kustannustehokkaammin.” (Valtioneuvosto 2016)

Teollisuudessa tehtävät työt muuttuvat koko ajan teknillisimmäksi ja osa töistä mahdollisesti siirtyy koneiden tehtäväksi, varsinkin sellaisilla teollisuuden aloilla, jossa erilaisia teknologioita käytetään monipuolisemmin kuin muilla aloilla. Suurin osa uusien teknologioiden kanssa työskentelevistä tuntee osaavansa teknologian käytön riittävän hyvin ja puolet kokee, että oma työ on muuttunut mielenkiintoisemmaksi teknologiamuutoksen jälkeen. Toinen puoli teknologioissa on henkinen puoli, työstä on tullut henkisesti raskaampaa ja moni arvioikin työn hidastuneen laitteiden hitauden ja toimintahäiriöiden vuoksi. Nuoret työntekijät suhtautuvat positiivisemmin teknologioihin kuin hieman iäkkäämmät, mikä selittyy nuorten pitkän teknologia-altistuksen avulla. Uudet teknologiat vaativat koulutusta ja iso osa työntekijöistä kokee, että koulutusta ei ole järjestetty tarpeeksi, vaikka yli puolet työntekijöistä kokee uuden teknologian lisäävän osaamisvaatimuksia. Yli kolmannes teollisuuden työntekijöistä on tekemisissä koneiden kanssa, jotka ovat tietokoneohjattuja ja yksi kymmenestä ihmisestä on tekemisissä robotin kanssa. (SAK 2018)

Hyvösen (2014, s. 48) mukaan yhä pienempiä sarjakokoja kannattaa automatisoida. Teollisuus onkin robotiikan edelläkävijä erilaisin sovelluksin mitattuna. Robottiin on mahdollista liittää älykkyyttä lisääviä ohjausjärjestelmiä ja useita erilaisia antureita. Teollisuudessa ympäristöt pystytään hallitsemaan hyvin, joten robotiikan käyttöönotto ja soveltaminen on helpompaa. Vaikka näin onkin, robotiikka on myös teollisuudessa menossa siihen suuntaan, jossa robotit työskentelevät yhä useammin ihmisten kanssa, kuin erikseen. Uusien turvatekniikoiden avulla ihmiset voivat työskennellä lähempänä robotteja ja perinteiset turva-aidat voidaan poistaa. Tämä tuo suuria haasteita turvallisuutta ajatellen. Haasteita tuovat myös pienet valmistussarjat ja tuotteiden suuri variaatioiden määrä. Uuden tuotteen automatisointiin liittyy muun muassa paljon ohjelmointia, uuden tuotannon ylös ajo ja tarvitaan aikaa tilanteeseen sopeutumiseen. Robottisolujen kokonaisratkaisut ovat erittäin tutkittu aihe Suomessa, myös tutkimusta joustavien järjestelmäratkaisujen ja sovellusten saralla on tehty. Kun katsotaan robottisolun hankintaprosessia, on itse robotti vain pieni osa kustannuksista. (Salmi 2014)

Robottien myynti on Suomessa vuosittain noin 250-350 robottia. Suomessa on noin 138 robottia 10 000 työntekijää kohden, joka on hyvin vähäinen määrä verrattuna vaikkapa Etelä-Koreaan, jossa robotteja on noin 631 jokaista 10 000 työntekijää kohden. (Suomen Robotiikkayhdistys 2017)

Ongelmaksi robotiikan kehittämisessä koetaan se, että teollisuuden ja akateemisen maailman pitäisi pystyä yhdistämään ponnistelunsa, jotta tutkimustulokset ja insinööritiede voidaan hyödyntää yritysmaailmassa tehokkaasti (Hägele et al. 2008, s. 985). Robotiikan yleistymisen ja kehittymisen jarruna toimii myös osajien puute, joka aiheuttaa sen, ettei aina ymmärretä mitä kaikkea robotilla voidaan tehdä ja miten siitä saadaan täysi hyöty irti (Hyvönen 2014, s. 46).

Valtioneuvosto vuonna 2016 antamassaan lausunnossaan toteaa, että perinteisen robotiikan ulkopuolella on pulaa työntekijöistä, jotka omaavat oikeanlaista osaamista. Tällöin koulutus jää yritysten hoidettavaksi. Valtioneuvosto painottaa, että tulevaisuudessa on oltava monipuolisempaa sekä syvällisempää osaamista niin uusimmista teknologioista, kuin robotiikan ja automaation hyödyntämismahdollisuuksista eri aloilla ja erityyppisissä töissä.

SeAMK:n strategiassa (2016) yhtenä tavoitteena on aluevaikuttavuuden vahvistaminen sekä työelämälähtöisen opetuksen kehittäminen. Aluevaikuttavuuden vahvistaminen on tarkoitus toteuttaa monipuolisen koulutustarjonnan kautta, joka toteutetaan muun muassa maakuntakorkeakoulun kautta. Työelämälähtöisen opetuksen tavoitteena on tuottaa ammattitaitoisia työntekijöitä työelämään, joten oppimista pyritään toteuttamaan monipuolisissa ja monialaisissa oppimisympäristöissä sekä työpaikoilla. Tällä tavoin työelämän tarpeet kohtaavat opiskelijoiden osaamisalueet. Opettajien tulee toimia opiskelijalähtöisesti, hyödyntää digitaalisia välineitä sekä tietää työelämän vaatimukset, näitä aihealueita tuetaan oppimisympäristöillä kuten simulaatiotiloilla ja laboratorioilla (SeAMK 2018).

Strategian tavoitteiden täyttämiseksi teollisuuden kannalta tärkeitä osaamisalueita tulisi opettaa tuntien teollisuuden tarpeet ja täten kohdistaen opetuksen painopisteitä näihin kohteisiin. Opintojakson opettamisen ja oppimisprosessin kehittämisen ensimmäinen ongelma on opiskelijoiden kompetenssien tarpeen määrittäminen (Nevaranta 2014, s. 115). Kompetenssien tarve tulisi määrittää selvittämällä ensin nykytilan tarpeet ja arvioimalla tulevaisuuden tuomat uudet kompetenssit. Nykyisten kompetenssien kartoittamisessa tärkeää osaa esittää teollisuusyritysten mielipiteet.

1.2 Työn tarkoitus ja tavoite

Tämän työn tarkoituksena on kartoittaa yritysten mielipiteitä teollisuusrobotiikasta ja siihen liittyvistä kompetensseista, joita valmistuvan insinöörin olisi hyvä osata. Nämä teollisuusyritysten tärkeäksi kokemat kompetenssit tulisi sisällyttää robotiikan opetukseen, jotta tarvittava osaaminen voidaan siirtää yritysmaailmaan. Kartoituksella saadaan tietoa

opetuksen tueksi ja saadun tiedon avulla voidaan robotiikan opetuksen painotusalueita ja laajuutta tarkastaa sekä kehittää.

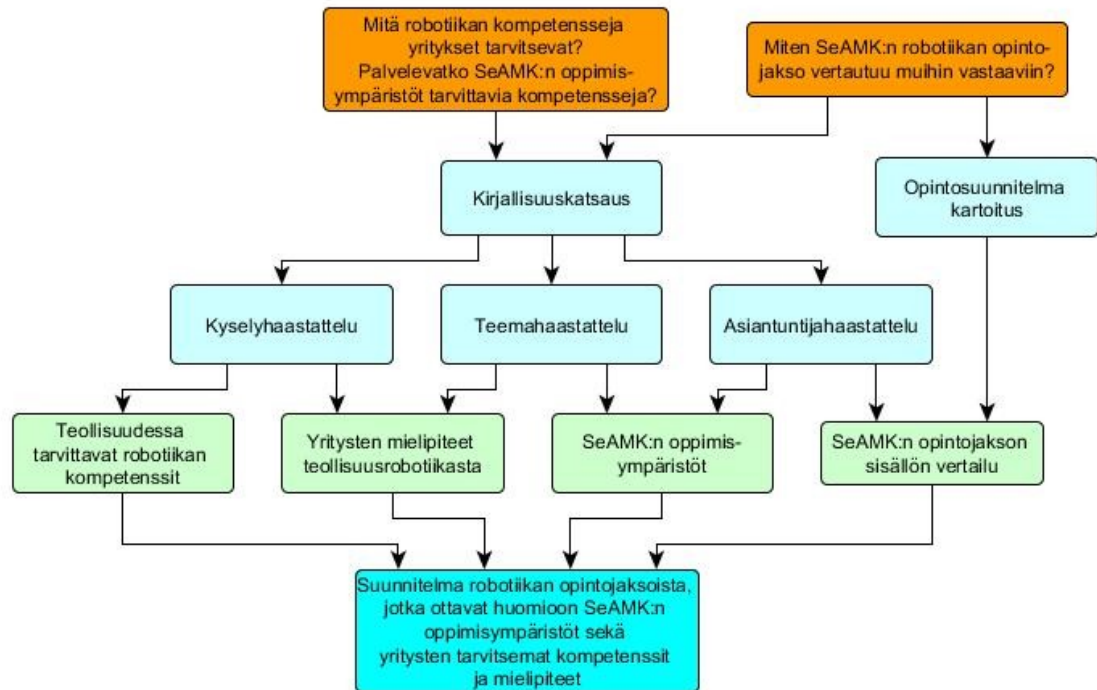
Tarkoituksena on myös selvittää SeAMK:n nykyisen opintojakson sisältö ja verrata sitä Suomessa toimivien kone- ja automaatiotekniikkaa opettavien ammattikorkeakoulujen vastaaviin opintojaksoihin. Tarkoituksena on myös selvittää kuinka SeAMK:n nykyiset oppimisympäristöt laitteistoinen ja opintojaksot vastaavat teollisuusrobotiikan osalta teollisuuden tarpeita.

Tavoitteena on, että eri ammattikorkeakouluja koskevan selvityksen ja kirjallisuuskatsauksen perusteella saadaan luotua käytännölliset robotiikan osaamisalueet. Osaamisalueiden avulla robotiikan opetus voidaan jäsentää järkeviksi osa-alueiksi. Lopullisena tavoitteena on, että saatujen tulosten ja haastatteluiden perusteella voidaan luoda uusi suunnitelma robotiikan opetuksesta SeAMK:ssa, sisältäen yhteistyörobotiikan sekä mobiilirobotiikan.

1.3 Työn rakenne

Tämä työ koostuu kirjallisuuskatsauksesta, nykytilakartoituksesta sekä tulosten käsitteystä. Lopuksi tulosten perusteella tehdään ehdotus robotiikan opintojaksojen toteutuksesta sekä yhteistyörobotiikan opintojakson sisällöstä ja painotuksista.

Kirjallisuuskatsauksessa tutustutaan teollisuuden kehityskaareen kohti nykyaikaa ja robotiikan käyttöönottoa. Sen jälkeen tehdään katsaus robotiikkaan ja sen osa-alueisiin. Oppiminen ja opetus teknisellä alalla sisältää teoriaa oppimisesta ja oppimisympäristöistä, myös aikaisemmin hankitun osaamisen tunnustamisen käsitettä käydään osiossa läpi. Tutkimusmenetelmät osiossa tutustutaan haastatteluun tutkimusmenetelmänä ja käydään läpi tutkimuksessa käytetyt haastattelumenetelmät ja niissä käytetyt tekniikat. Seuraavaksi on vuorossa nykytilakartoitus, jossa tutustutaan ensin robotiikkaan teollisuusyrityksissä. Sen jälkeen tehdään kartoitusta robotiikan opetukseen eri ammattikorkeakouluissa ja tutustutaan robotiikan opetukseen sekä oppimisympäristöihin Seinäjoen ammattikorkeakoulussa. Nykytilakartoituksen jälkeen tutustutaan haastattelun tuloksiin ja tarkastellaan, kuinka robotiikan opetusta voidaan kehittää nykyiseltään. Lopuksi tehdään yhteenveto tutkimuksesta ja pohditaan saatuja tuloksia sekä jatkotutkimuksien mahdollisuuksia. Kuva 1 näyttää kaavion tutkimuksen etenemisestä.



Kuva 1 Tutkimuksen eteneminen

1.4 Mixed Reality and Collaborative Robotics -projekti

Mixed Reality and Collaborative Robotics -projekti on EAKR:n rahoittama vuoden 2018 alusta alkanut kehittämis- ja investointiprojekti, jossa projektitiimi koostuu Seinäjoen ammattikorkeakoulun työntekijöistä. Projekti liittyy SeAMK:n strategiaan älykkäistä ja energiatehokkaista järjestelmistä, mutta toteuttaa myös Etelä-Pohjanmaan älykkään erikoistumisen strategian tavoitteita. Projektin kohderyhmiä ovat teknologiateollisuuden, elintarvikealan sekä sosiaali- ja terveysalan yritykset, jotka joko jo hyödyntävät tai suunnittelevat hyödyntävänsä yhteistyörobotiikkaa.

Projektin keskeisimpinä tavoitteina on kehittää demonstraatioympäristö, jonka avulla teknologiaa voidaan soveltaa yritysten omissa kehitysprosesseissa sekä varmistaa alueellista osaamista ja sen kasvamista. Demonstraatioympäristöjen on tarkoitus kehittää myös SeAMK:n robotiikan osaamista ja ne rakennetaan pk-yrityksille tyypillisistä käyttökohteista. Projektissa myös selvitetään konelaboratoriossa olevien perinteisten teollisuusrobottien liittämistä kyberfyysiseen ympäristöön ohjelmoinnin helpottamiseksi. Projektiin kuuluu myös esiselvitys yritysten tarpeista ja valmiuksista robotiikan hyödyntämiseksi hyvinvointialan sektorilla. Pidemmällä aikavälillä demonstraatioympäristöä hyödynnetään insinööriopiskelijoiden koulutuksessa sekä yritysten perehdyttämisessä teknologian hyödyntämiseen.

Projektiin kuuluu yritysten teknologiaselvitys, jolla selvitetään alueen yritysten tarpeita ja tavoitteita yhteistyörobotiikan saralla. Selvityksen tekeminen pohjautuu osaltaan tähän tutkimukseen ja haastatteluihin, jotka esitellään luvussa 3.

1.5 Aikaisemmat tutkimukset

Robotiikan ja ohjelmoinnin opettaminen on yleistynyt valtavasti ja sitä sisällytetään jopa peruskoulun opetussuunnitelmaan. Opetusta kehitetään useasti hankkeiden voimalla, kuten LUMA SUOMI -ohjelmaan kuuluva Innokas-verkosto hanke, jossa luonnontieteiden ja matematiikan opetusta pyritään kehittämään tuomalla opetukseen mukaan robotiikkaa lego-robottien muodossa. Robottien rakentamiseen ja ohjelmointiin osallistuvat 3-9 luokalla opiskelevat. Korkeakoulukentällä robotiikkaa esiintyy myös useasti kehityshankkeissa, joihin koulut osallistuvat, kuten esimerkiksi Vaasan ja Turun ammattikorkeakoulujen yhteisessä hankkeessa nimeltään MoRo, Tampereen Teknillisen Yliopiston ihmisen ja robotin luonteva yhteistyö tai 2018 vuonna alkaneessa ROBOREEL -hankkeessa.

Hietikko (2017) teki tutkimuksen Vaasan alueella toimivaan ammattioppilaitokseen, Vamiin. Tutkimuksen ajatuksena oli kartoittaa yritysten mielipiteitä opetuksen tarpeesta ja opetuksen sisällön painopisteistä. Tutkimuksessa selvitettiin myös Vaasan alueella toimivien yritysten mahdollisuuksia tarjota opiskelijoille ammattiosaamisen näyttöjen suorittamista. Vamiassa ei aikaisemmin ollut opetettu robotiikkaa, joten tutkimuksen tuloksena luotiin opintojakson malli. Huomioitavana asiana oli myös ammattiosaamisen näyttöjen suorittamisen mahdollisuus yrityksissä. Tutkimuksen mukaan Vaasan alueella työelämä kokee tärkeäksi robotiikan turvallisuuden, ohjelmoinnin ja yleisosaamisen osaamisalueet.

Hentula (2017) perehtyi opinnäytetyössään robotiikan laboratoriotöiden kehittämiseen Turun ammattikorkeakouluun. Hentula keskittyi työssään enemmän tekniseen teoriaan ja kehitti jo olemassa olevaa oppimateriaalia omiin aikaisemmin saatuihin opiskelukokeuksiin perustuen. Työn tuloksena syntyi käyttöohjeet, joita pystytään tulevaisuudessa kehittämään, muun muassa harjoitustöitä lisäämällä ja syvemmillä turvallisuusasioihin perehtymisellä.

Mattila ja Uusitalo (2008) tutkivat ammatillisessa opettajakorkeakoulussa kehittämissä hankkeena robotiikan koulutuksen kehittämistä työelämlähtöisenä opetuksena. Tutkimuksessa huomattiin, että ammatillisen koulutuksen kehittäminen etenee nopeammin, jos käytettävissä on tarpeeksi laitteistoja ja niiden dokumentaatiota. Kehitysprojekteja hidastaakin useasti byrokratia, joka liittyy kunnallisten ja valtiollisten oppilaitosten laitehankintoihin.

Robotiikkaan liittyvää tekniikkaa on tutkittu runsaasti, mutta tutkimuksia robotiikan opetukseen liittyen on Suomessa tehty hyvin maltillisesti. Vaikkakin robotiikka yleistyy nopeasti, on siihen liittyviä kompetensseja ja teollisuusyritysten asettamia vaatimuksia osaa-

jien suhteen hankala löytää tai niitä ei ole selvitetty. Robotiikan opetus nojautuukin nähtävästi koulujen omien robotiikan osaajien määrittämiin tarvittavista kompetensseista. Tutkimuksia mitkä huomioisivat teollisuusyrityksissä tarvittavat kompetenssit ja kohdittaisivat suoraan ammattikorkeakouluympäristöön, on hyvin hankala löytää tai niitä ei ole.

1.6 Tutkimusmenetelmät

Ammattikorkeakoulujen vertailuun tietoa haettiin viimeisimmistä opintosuunnitelmista, mitkä ovat saatavilla vapaasti verkkosivuilla. Vertailuun otettiin mukaan kaikki Suomen ammattikorkeakoulujen kone- ja automaatiotekniikan koulutusohjelmat, missä robotiikkaa opetetaan päiväopiskelijoille. Tämä siis tarkoittaa, että opiskelijat ovat tällöin päätoimisia opiskelijoita.

Tutkimuksessa käytetään kolmea eri haastattelutapaa, kyselyhaastattelua, asiantuntija ja teemahaastattelua. Haastatteluiden on määrä vastata hieman erilaisiin kysymyksiin, mutta myös risteävyyksiä haastatteluista löytyy. Kyselyhaastattelussa keskitytään enemmän suuremman datajoukon keräämiseen mielipiteistä ja robotiikan eri aihealueiden tarpeellisuudesta, joilla voidaan löytää valmistuvan ammattikorkeakouluopiskelijan tarvittavat kompetenssit robotiikan aihealueesta.

Kyselyhaastattelu luotiin käyttämällä Microsoft Forms -työkalua. Käyttämällä tätä työkalua, voidaan tulokset saada Excel -muotoon automaattisesti kyselyn päätyttyä. Hyvänä ominaisuutena voidaan myös pitää sen skaalautuvuutta mobiililaitteille. Kyselyn runko (Liite A) koostuu kolmesta eri osuudesta. Kysymykset 1-8 keräävät tietoa osallistujasta, osallistujan yrityksen sijainnista ja toimialasta sekä yrityksen robotiikan tilasta. Kysymyksissä 9-13 kysytään yrityksiltä mielipidettä valmistuvien opiskelijoiden tarvittavista kompetensseista, jotka on jaettu erilaisiin aihekokonaisuuksiin.

Kysymyksissä 14-17 kysytään yleistä mielipidettä erilaisiin väittämiin robotiikasta ja siihen liittyvästä tekoälystä. Lopussa on mahdollista arvostella kysely ja antaa vapaa sana.

Tarkoituksena on pitää kysely hyvin kevyenä, mutta myös sellaisena mistä saa käyttökelpoista tietoa tutkimuksen avuksi. Ensimmäinen osuus kyselystä on eräänlainen herätys aiheeseen, missä kysytään suhteellisen helppoja kysymyksiä. Toisessa osuudessa kysymykset ovat jo hieman hankalimpia, mutta tutkimuksen kannalta erittäin tärkeitä. Kolmas osuus on enemmän tai vähemmän henkilökohtaisiin mielipiteisiin perustuva, johon vastaaminen on luultavammin hieman helpompaa. Ajatuksena jaottelussa on, että kyselyn loppuvaiheessa osallistuja on ehkä jo hieman väsynyt kysymyksiin ja silloin kysymysten tulisi olla hieman yksinkertaisempia. Kyselyhaastattelu on anonyymi, eli mitään muita tietoja ei haastateltavista kerätä, kuin mitä haastattelupohjassa on. Jotkin kysymykset ovat vapaaehtoisia, nimenomaan vedoten anonyymisyyteen.

Teemahaastattelulla haettiin mielipiteitä robotiikasta, ideoita erilaisista oppimistehtävistä ja harjoituksista sekä myös mielipiteitä ja ajatuksia tulevien robotiikan osaajien osaamistasoista, sekä nykyisistä ja tulevaisuuden tarpeista. Kyselyssä ei käytettyä tiukkaa asettelua kysymyksille vaan muistilistaa, jonka avulla haastattelija muistaa tiettyjä aihepiirejä, joista tietoa tutkimukseen halutaan. Haastattelut tehdään tarpeen mukaan paikan päällä yrityksessä ja niissä on mukana henkilö, joka tietää tuotannosta niin paljon, että voi vastata tuotantoon liittyviin kysymyksiin ja kertoa yrityksen tuotannon automatisoinnista. Haastattelun muistiossa kirjataan yrityksen tiedot, haastateltava henkilön tiedot ja itse haastattelun kulku. Muistilistassa on asioita kuten, yhteistyörobotiikka, robotiikan kokonaisvaltainen turvallisuus, robottien tehtävät tuotannossa ja tulevaisuuden suunnitelmat robotiikan saralla.

Asiantuntija haastatteluilla kartoitetaan oppimisympäristöjen nykytilaa ja SeAMK:ssa olevan robotiikan opintojakson sisältöä. Asiantuntija haastatteluun haastateltiin robotiikan opintojakson vastuunopettajaa, konetekniikan laboratorioinsinööriä sekä Mixed reality and collaborative robotics -projektin projektipäällikköä, kuka vastaa myös konenäkölaitteiston käytön opettamisesta.

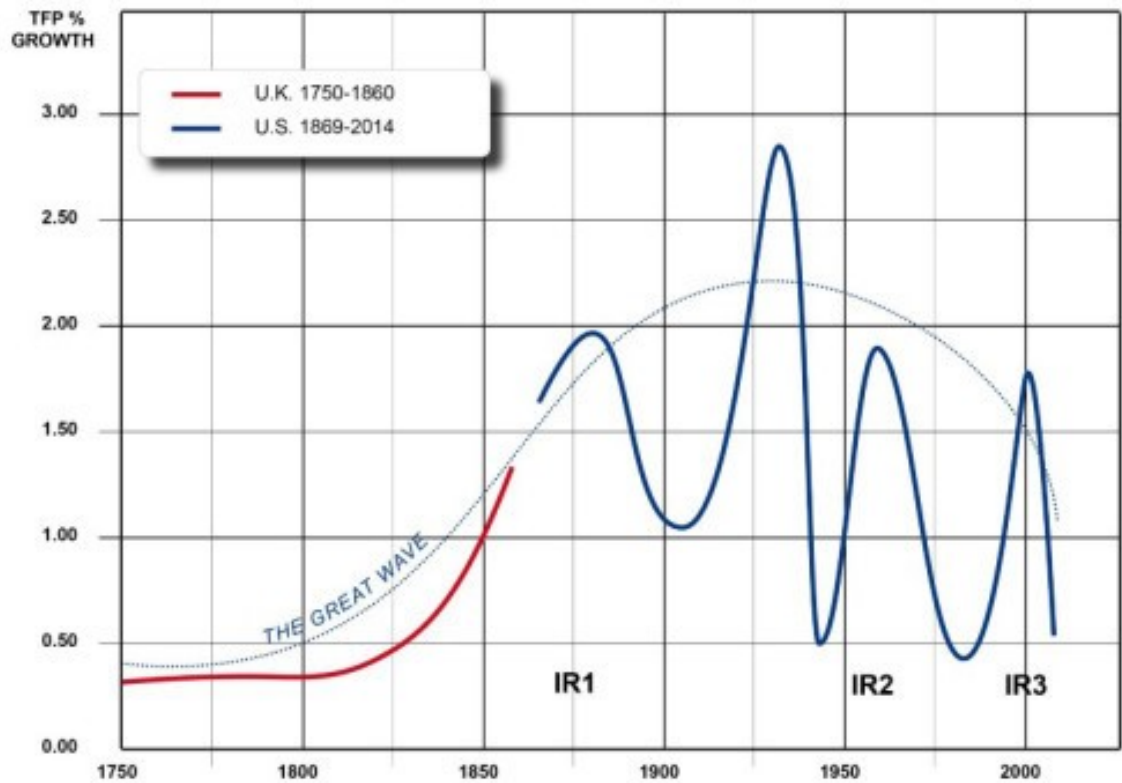
2. TEOREETTINEN OSUUS

2.1 Teollisuuden neljä vallankumousta

Teollisuutta oli 1800-luvun alussa hyvin vähän, kuten muutakin käsityötä, mutta teollistuminen ja talouskasvu oli jo alkanut Englannin kanaalin ympäristössä. Talouskasvun mahdollisti instituutiot, innovaatiot ja yhdentyminen. Näillä liitetään ihmisiä ja talouksia yhteen järjestelmäksi, joka kattaa koko maailman. Ensimmäinen teollinen vallankumous alkoi Englannissa, johtuen joukosta pitkään kehittyneitä muutoksia ja innovaatioita. Yksi innovaatioista oli ylitse muiden, höyrykone. Ihmistyötä alettiin koneellistaa. Muutamista innovaatioista kehittyi erilaisia kehitysryppäitä ja erilaisia kehitysväyliä, jotka vaikuttivat voimakkaasti seuraavan sadan vuoden ajan. (Schön 2013, s. 23- 58)

Uudet materiaalit, uudet voimatekniikat ja tuotannon järjestäminen siivittivät maailmaa uuteen teolliseen vallankumoukseen 1900-luvun vaihteen jälkeen (Kuva 2), jolloin kehitysryppäät muodostuivat joukosta innovaatioita. Talouskasvun moottorina yhä isomman merkityksen sai koulutus ja tutkimus, jotka vauhdittivat teollisuuden kehitystä. Valmistuksessa koettiin uusi mullistus, kun vaihto-osien periaate erilaisiin koneisiin ja työkaluihin kehitettiin. Tämä myös tarkoitti, että valmistuksen oli oltava täsmällistä ja mittatarkkaa, joka johti tuotteiden osien standardisointiin. Tunnusomaista toiselle teollisuuden vallankumoukselle oli tieteen ja teollisuuden vuorovaikutus. (Schön 2013, s. 72-77)

1800- luvun loppupuolella todistettiin läpimurtoja polttomoottoreiden ja sähkömoottoreiden kohdalla. Moottorit usein tulkitaankin yhtenä suurimmista saavutuksista toisessa teollisessa vallankumouksessa. 1908 esiteltiin ehkä toisen teollisen vallankumouksen ikonisin innovaatio, standardisoitu kulutustuotteen valmistus liukuhihnatyönä. Tämän innovaation esitteli amerikkalainen Henry Ford ja se mullisti autojen valmistuksen kerta heitolla. Korkeammasta koulutuksesta ja insinööritieteiden soveltamisesta teollisuuteen, tuli tärkeää monille aloille 1800 -luvun loppupuolella. Tämä johti siihen, että tuotannon tietointensiivisyys kasvoi ja työvaiheiden sisältöihin ja niihin kuluneeseen aikaan alettiin kiinnittämään huomiota. Taylorismiksi (Fredrick W. Taylor) kutsutut periaatteet nousivat suosioon ja tämä johtui suurin osin järjestelmällisestä tieteen ja koulutuksen vaikutuksesta teollisuuskäytäntöihin. Korkeamman koulutuksen merkitys kasvoi ja myös yleisivistävään koulutukseen panostettiin. Varsinkin Yhdysvallat ja Saksa olivat kärjessä yliopistojen ja korkeakoulujen tutkimustulosten hyödyntämisessä, joka mahdollistui, kun valtiot tukivat taloudellisesti oppilaitoksia. Toisessa teollisessa vallankumouksessa koulutus siirtyi yhteiskunnan yhteiseksi asiaksi ja tämä myötävaikutti teollisuuden insinöörien lukumäärän kasvuun. (Schön 2013, s. 78-92)



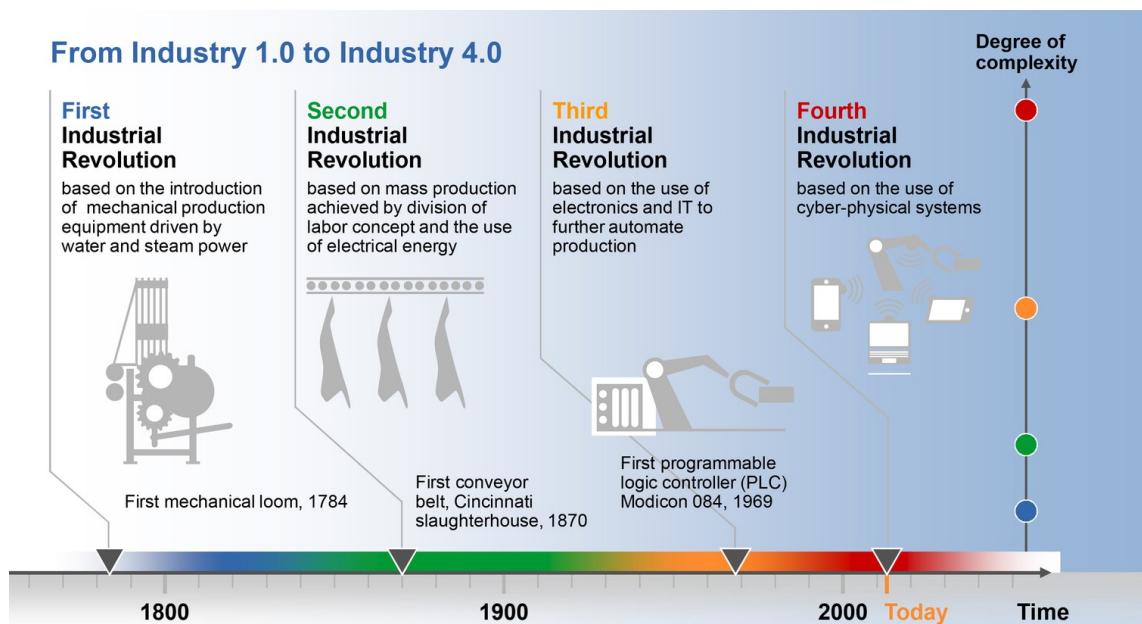
Kuva 2 Tuottavuus ja teollisuuden vallankumoukset (Ahmed 2017)

1900-luvulla vallitsevana ajatuksena oli hyödyntää kehittyvää tekniikkaa luonnonvarojen tehokkaassa hyödyntämisessä. Merkittävää 1900-luvulla oli koululaitosten ja -järjestelmien kehittyminen. Lukiot ja korkeakoulut yleistyivät, tietointensiivisyys teollisuudessa kasvoi ja innovaatiot esittivät tärkeää roolia yritysten välisessä kilpailussa. Koulutustasot poikkesivat mannerten välillä merkittävästi. 1950-luvulla Yhdysvallat olivat koulutuksessa selvästi muita edellä, 80% 15-19 vuotiaista nuorista oli mukana toisen asteen koulutuksessa. Skandinaviassa, jossa oli Euroopan korkein koulutuksen taso, toisen asteen käyneitä nuoria oli yli 30% ja teknisiin ammatteihin suuntaavia kouluja kävi 10% nuorista. Ajanjaksolla 1950-1975 toisen teollisen vallankumouksen saavutuksia alettiin käyttää laajalti hyödyksi eri teollisuuden aloilla. Vuosien 1975-2010 välisellä ajanjaksolla globaalistuminen kiihtyi, mutta kasvu hidastui. Kolmas teollisuuden vallankumous alkoi, kun 1970-luvulla kehitettiin mikroelektroniikkaa. Yhdysvalloissa koulutuksen laajeneminen pysähtyi 1970-luvulla ja tämän seurauksena Eurooppa ja useat Aasian maat kuroivat kiinni koulutuksellisen etumatkan. Afrikassa vallitsi edelleen 2000-luvun vaihteessa epätasa-arvo naisten ja miesten välillä, joka näkyi koulun käynnissä. Pieni osa (<40%) peruskoulun käyneistä eteni jatko-opintoihin ja heistä hyvin pieni osuus oli naisia. (Schön 2013, s. 274-292)

Transistori- ja puolijohdetekniikan kehityksen myötä aiemmin miltei talon kokoiset tietokoneet pienenevät ja niiden laskentatehot moninkertaistuivat. Pienenevän koon myötä

niiden käyttöalue myös laajeni. 1960-luvulla kilpailu valtioiden välillä kiristyi, joka johti korkean palkkatason maissa suurtuotannon ja automaation lisäämiseen. 1970-luvun alussa alettiin valmistaa mikroprosessoreita sarjatuotantona, mikä jälkeensä osoittautui suureksi tekniseksi mullistukseksi. Mikroprosessorien keksimisen ja sarjavalmistuksen aloittamaa aikakautta on kutsuttu kolmanneksi teolliseksi vallankumoukseksi. Yksi iso teollisuuden tietointensiivisyyttä kasvattanut keksintö oli 1995 lanseerattu World Wide Web, eli internet, joka kasvoi räjähdysmäisesti koko 1990-luvun. Yritykset omaksuivat internetin yritysten väliseksi sähköiseksi kauppakanavaksi. Internetistä tuli myös kuluttajien kauppapaikka 2000-luvun alussa. Kolmas teollinen vallankumous mullisti teollisuuden työtä, kuten myös palveluelinkeinoja. Perinteiset vaiheistetut työt voitiin korvata automaatiolla ja suurtuotannon edut heikkenivät. Tämä johti työvoiman tarpeen muutokseen, koska työntekijöiltä vaadittiin (ja edelleen vaaditaan) kykyä tehdä erilaisia työtehtäviä ja omata laaja pätevyys tehtävänä oleviin työtehtäviin. Tietotekninen vallankumous saavutti myös kotitaloudet ja koko maailman infrastruktuuri harppasi iso loikan eteenpäin internetin avulla. (Schön 2013, s. 299-516)

Schwab (2016, s. 7-8) uskoo, että olemme tänä päivänä neljännen teollisen vallankumouksen alkupuolella. Mitä neljäs teollinen vallankumous tuo tullessaan? Uuteen teknologian aaltoon eivät pelkästään kuulu älykkäät ja yhdistetyt koneet sekä järjestelmät, vaan kuten aikaisemmissakin vallankumouksissa (Kuva 3) läpimurrot tulevat jaksoittain eri aloilta ja teknologioista, kuten esimerkiksi nanoteknologiasta, uusiutuvista energioista ja kvanttitekniikkaa hyödyntävistä tietokoneista.



Kuva 3 Teollisen vallankumouksen vaiheet (Triton Innovation: Industry 4.0 2017)

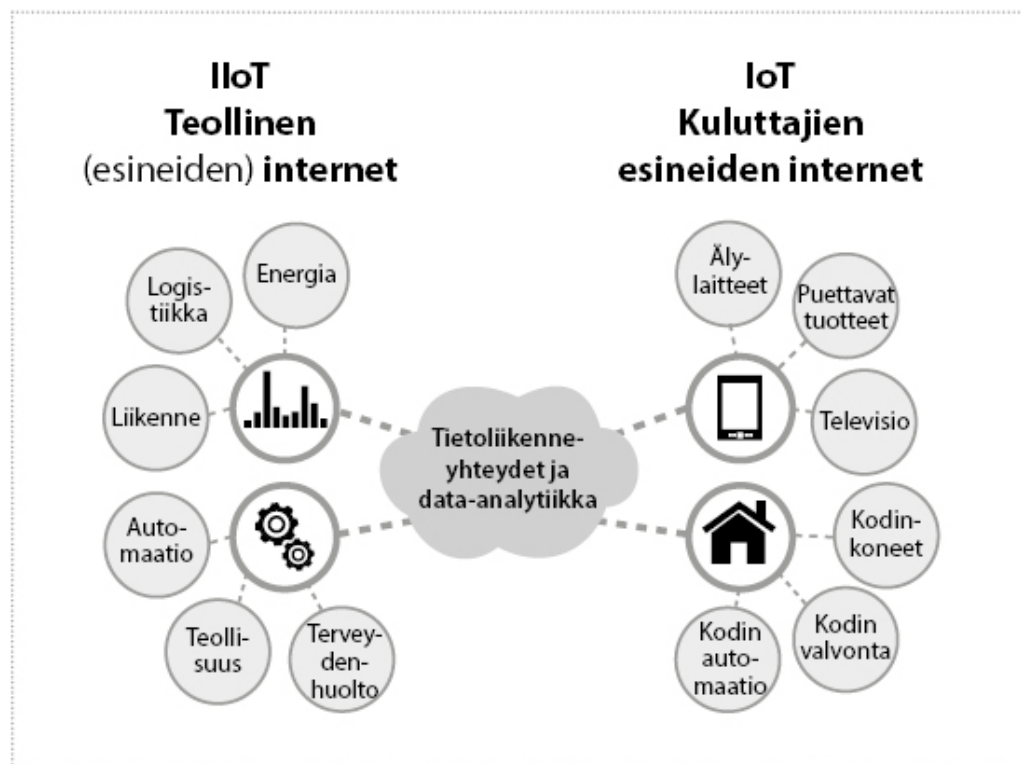
Neljännen teollisen vallankumouksen ajureina toimivat megatrendit Schwab (2016, s. 14-17) jaottelee 3 eri kategoriaan, fyysisiin, digitaalisiin ja biologisiin trendeihin. Kaikilla

trendeillä on yhteistä digitalisaation ja informaatiotekniikan laajamittainen hyödyntäminen. Fyysiset megatrendit jakautuvat seuraavasti: autonomiset ajoneuvot, 3D tulostaminen, edistykselliset robotit sekä uudet materiaalit. Autonomiset ajoneuvot mahdollistavat laskentatehon kasvu ja sensoreiden kehitys. Esimerkiksi drone-lennokkien kohdalla kehitys on mahdollistanut ympäristön havainnoinnin ja sitä kautta monipuolistanut käyttömahdollisuuksia. Autonomiseksi on tehty myös veneitä, rekkoja ja sukelluslaitteita. 3D tulostaminen rajautuu teollisessa käytössä tällä hetkellä ajoneuvo-, avaruus- ja medikaaliteollisuuteen. Tutkijat työskentelevät jo 4D parissa, joka mahdollistaa komponenttien itsesääntelyn, esimerkiksi lämpötilan tai kosteuden perusteella. Kehittynyt anturiteknologia on mahdollistanut robottien paremman tietoisuuden ympäröivästä tilasta ja täten parantanut autonomisuutta. Robottien ohjelmointia voidaan suorittaa etäyhteyden avulla esimerkiksi pilvipalvelusta tai se voi oppia muilta roboteilta ns. parviällynä. Tulevaisuuden robotit ovat enemmän ja enemmän yhteistyössä ihmisten kanssa ja niiden joustavuus sekä adaptiivisuus kohenevat nykyisestäään. Uudet materiaalit saapuvat markkinoille. Ne ovat kevyempiä, mutta kestävämpiä. Ne voivat mukautua ja niiden kokonaiselinkaari on mietitty valmiiksi, eli ne voidaan kierrättää. Esimerkkeinä uusista mullistavista materiaaleista ovat nanomateriaalit, kuten grafeeni. Myös uudet kierrätettävät muovit ovat askel eteenpäin tulevaisuuden materiaaleissa.

Digitaalisuuden ja fyysisen maailman välinen yhteys muodostuu IOT-rajapinnasta, eli Internet Of Things ympäristöstä. Sensorit, jotka toimivat datan tuottajina, lisääntyvät huijaa vauhtia ja samoin datan määrä. IOT-maailmaa hyödyntää myös Saksan ajama kansallinen hanke, Industrie 4.0, jossa on tarkoitus saada hyödynnettyä teollisen internetin mahdollisuuksia, käyttäen hyödyksi saksalaisten vahvaa osaamista automaatiassa, sulautetuissa järjestelmissä sekä toiminnanohjauksessa (Collin & Saarelainen 2016, s. 37). Digitaalisuus luo myös uusia yritysmaalleja. Esimerkiksi suuri asuntojen vuokrauspalveluja tarjoava yritys Airbnb ei omista yhtään asuntoa, kuljetuspalveluja tarjoava Uber ei omista yhtään autoa, eikä verkkokauppa Alibaba omista yhtään varastoitavaa tuotetta. Arvontuotto on muuttumassa ja kuluttajat ovat suurimpia hyötyjiä. Digitaaliset alustat vähentävät kustannuksia ja täten palveluiden hinnat laskevat. (Schwab 2016, s. 18-20)

IOT-maailmaan tietoa lähettävien antureiden määrä on kasvanut räjähdysmäisesti ja sitä myöden myös datan määrä, joista osa on analysointikelpoista. Internetyhteydet ovat nopeutuneet ja pilvipalveluiden hinnat laskeneet, kuten yleisesti sähköisen tallennustilan, josta johtuen datan tallennus ja analysointi on miltei kaikkien yritysten ulottuvissa. Uusi datan tallennuksen ja analysoinnin aalto muokkaa yritysraakenteita (Kuva 4), luo uusia yritysmaalleja ja sitoo asiakkaita enemmän yhteistyöhön yritysten kanssa. Tällä tavoin asiakkaat saavat tuotteistaan huomattavasti enemmän tietoa kuin aiemmin ja voivat esimerkiksi ennakoida huollon tai säädön tarpeita. Yritysten tulee reagoida uuteen aikakauteen nopeasti ja omaksua teknologiset avut, koska hidasliikkeisimmät yritykset putoavat suurella varmuudella kehityksen kyydistä. (Collin & Saarelainen 2016, s. 44-46)

Geenitutkimus on ottanut huimia harppauksia eteenpäin ja seuraava askel on synteettinen biologia. Synteettinen biologia mahdollistaa elinten kustomoinnin ja sillä on myös vaikutus maatalouteen sekä biopolttoaineiden tuotantoon. Tulevaisuudessa geenejä voidaan muokata, jolla esimerkiksi tiettyjä tauteja voidaan välttää. Myös elinten ”bioprinttaus” on paljon tutkittu aihe. Se on eräänlaista elinten 3D tulostusta, jota on jo suoritettu ihon, luun, sydämen ja verisuonien kohdalla. Kokonaisten elinten kasvatusta sioissa on myös tutkittu ja ainoat esteet aikaisemmin ovat olleet hylkimisreaktio ja siirtyvät taudit, joita yritetään nyt selättää geenien muuntelun avulla. Biologian saralla nähdään tulevaisuudessa suuria muunnoksia. Ennen näiden tutkimusten tulosten implementointia laajempaan käyttöön eettiset, psykologiset ja lääketieteelliset näkökulmat on otettava huomioon. (Schwab 2016, s. 21-23)



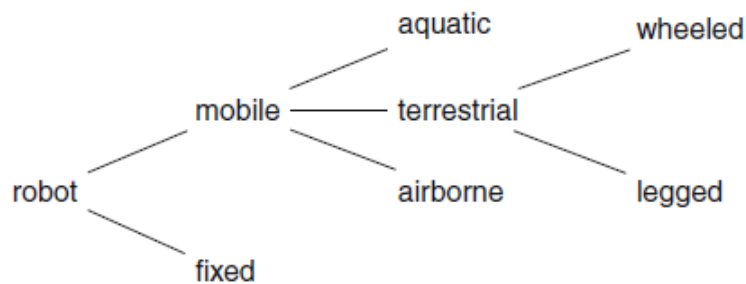
Kuva 4 Teollisen ja kuluttajien internetin yhdistyminen (Collin & Saarelainen 2016)

Neljäs teollinen vallankumous muuttaa maailmaa ja sitä, miten teemme työtämme, elämme ja opimme. Koulutus monilla aloilla on erillään teollisuudenaloilla tarvittavista kompetensseista. Tämä ero uhkaa neljännen teollisen vallankumouksen aiheuttamien teknologisten ja taloudellisten muutosten avulla kasvaa edelleenkin. Uusia opettamis- ja oppimismenetelmiä on alkanut kehittyä ja ne voivat näyttää tietä tulevaisuudessa, opiskelijoiden tulisi oppia uusia teknologioita ja niiden hyödyntämistä. Opiskelijoiden tulisi myös

omaksua ajatuksia joustavuudesta ja adaptiivisuudesta oppimista kohtaan ja harjoittaa elinikäistä oppimista. Tulevaisuuden koulutus ja opettaminen ovat eräänlainen hybridi digitaalisesta ja fyysisestä maailmasta. Teknologian käyttöönotto oppimisen tehostamiseksi luokkahuoneessa voi olla käänteentekevää. Teknologia sallii opiskelijoiden oppimiskokemuksien räätälöinnin ja arvioinnin reaaliajassa. Opettajien on mahdollistettava kokonaisvaltainen osaaminen opiskelijoille teknologian avulla, jotta he saavat parhaat mahdolliset eväät tulevaisuutta varten. (Doucet et al. 2018)

2.1.1 Robottien tyypit

Robotit voidaan jakaa niiden ympäristön ja mekaniikan perusteella, kuten kuvassa 5 ne ovat jaettu kiinnitetyiksi ja mobiileiksi. Teollisuusrobotit ovat toistaiseksi suurimmaksi osaksi kiinnitettyjä manipulaattoreita, jotka suorittavat jotain tuotantoon liittyvää tehtävää.



Kuva 5 Robottiikan jaottelu toimintaympäristön ja mekaniikan mukaan (Mordechai & Francesco 2018, s. 2)

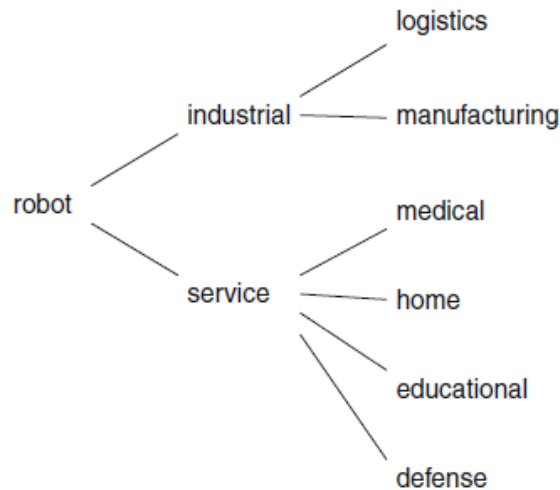
Robotit voidaan myös jaotella niille tarkoitetun tehtävänkuvan mukaisesti, kuten esitetty kuvassa 6. Ensimmäiset robotit olivat teollisuusrobotteja, joiden rakenne oli helppo yksinkertaistaa tehtävän selkeyden takia. Kiinteästi kiinnitetyt teollisuusrobotit voivat laskea asemaansa tarkasti sisäisesti, kun taas mobiilirobottien on luotettava ympäristön havainnointiin tietääkseen sijaintinsa. Mobiilirobottien on myös pystyttävä reagoimaan yllättäviin tilanteisiin, kuten eläinten ja ihmisten liikkeisiin. (Mordechai & Francesco 2018, s. 2)

Robotin tärkein osa on ohjausjärjestelmä, joka vastaa suuresta työpanoksesta itse robotin tehtävässä, jonka vuoksi ohjausjärjestelmä onkin robotin kalleimpia osia. Robottijärjestelmään kuuluu seuraavia osia:

- Robotin mekaaniset osat
- Anturointi

- Ohjausjärjestelmä
- Oheislaitteet
- Liitynnät ja kaapelointi

(perustuu lähteeseen McKerrow 1998, s. 53; SFS-ISO 10218-1 2011, s.12)



Kuva 6 Robottityypin jaottelu sen tehtävän mukaisesti (Mordechai & Francesco 2018, s. 3)

2.1.2 Teollisuusrobotit

Standardin ISO 10218-1 (2011, s 13) mukaan teollisuusrobotti on ”teollisuuden automaatio-sovelluksissa käytettäväksi tarkoitettu automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitavissa oleva monikäyttöinen käsittelylaite, jonka akseleista vähintään kolme on ohjelmoitavissa ja joka voi olla kiinteästi asennettu tai liikkuva”.

Teollisuusrobotit ovat olleet jo pitkään erinomainen työkalu toistuvissa työtehtävissä tasan laadun tuottamiseen. Robottien työtehtävät ovat olleet hyvin vaihtelevia ja ne ovat olleet korvaamaton apu vaarallisten työtehtävien hoitamisessa. Rajoittavana tekijänä robottien yleistymisessä on ollut niiden kustannustehokkuus. Robotit ovat iso investointi ja iso osa niiden hankintahinnasta tulee turvajärjestelmistä. Ne vievät myös ison osan tehtaan lattiapinta-alasta. Jos robotti hankitaan, se tulee tehdä toistuvaa suurten eräkokojen työtä, jossa työkalua tulisi vaihtaa mahdollisimman harvoin. Tämä tarkoittaa, että usein yksi robotti tekee sen käyttöiän samaa työtä. (Fryman & Matthias 2012, s. 51)

Teollisuudessa käytettäviä robotteja on useita eri malleja. Aikojen saatossa niitä on kehitelty useita tuhansia eri tyyppejä, johtuen esimerkiksi patenttien rajoitteista, jolloin rakenteita on jouduttu muuttelemaan. Yleisesti teollisuusrobotit voidaan jakaa eri tyyppeihin esimerkiksi niiden rakenteen kinematiikan mukaan, tällöin yleisimmät robottimallit ovat suorakulmainen-, sylinteri-, napakoordinaatisto-, scara-, kiertyvänivellinen- ja rinnakkaisrakenteinen robotti (Kuivanen 1999, s. 12-13).

Ohjelmoitaessa robottia ohjausjärjestelmä laskee robotin tarvittavat liikkeet ja ohjaa vapausasteita sen mukaan, että tarvittava asema robotin työkalulle saavutetaan. Kun robotin työkalupiste halutaan määrittää vapausasteiden paikka-arvojen perusteella, kutsutaan sitä suoraksi kinematiikaksi. Jos halutaan robotin saavuttavan jokin tietty työkalupiste, on määritettävä vapausasteiden tarvittava paikka-arvo, jotta tämä piste saavutetaan. Tätä taas kutsutaan käänteiseksi kinematiikaksi (Kuivanen 1999, s. 20; Mordechai & Francesco 2018, s. 267).

Robotin koordinaatistot ovat useimmiten ortonormeerattuja koordinaatistoja. Koordinaatistoja tunnetaan standardin mukaan kolme kappaletta (ISO 9787:2013 2015). Ensimmäinen koordinaatisto sidotaan paikkaan, jossa robotti työskentelee, eli joko rakennukseen, robottisoluun tai johonkin oheislaitteeseen. Tämä kertoo koko robotin sijainnin suhteessa työskentelypaikkaan, esimerkiksi sijainnin portaalinradalla. Tätä koordinaatistoa kutsutaan nimellä maailmakoordinaatisto. Toinen koordinaatisto on sidottu itse robotin jalustaan siten, että z-akseli on samansuuntainen ensimmäisen vapausasteen akselin kanssa, XY taso on kiinnityspinnan tasalla ja X-akselin suuntaus on ensimmäisen nivelen työalueen keskikohdalle. Tämä koordinaatisto määrittelee työkalupisteen sijainnin laskemalla nivelkulmista ja tukivarsien kinemaattisista pituuksista. Tätä koordinaatistoa kutsutaan peruskoordinaatistoksi. Kolmas koordinaatisto sidotaan työkaluun millä käsitellään jotain tai itse kappaleeseen mitä käsitellään, riippuen tilanteesta. Joskus koordinaatisto on helpompi sitoa esimerkiksi oheislaitteeseen ohjelmoinnin ja hahmottamisen helpottamiseksi. Tätä koordinaatistoa kutsutaan työkalukoordinaatistoksi. (Kuivanen 1999, s. 20-21)

Anturoinnit voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan: robotin sisäiseen mittaukseen (aktuattorien sijainti/asentotieto jne.) ja robotin ulkoiseen mittaukseen (ulkoiset ärsykkeet, etäisyydet jne.) (Mordechai & Francesco 2018, s. 21-22). Robotissa sisäiset anturit mittaavat usein nivelen kiertymäkulmaa, ranteen voimaa tai esimerkiksi kiihtyvyyksiä. Robotin kinemaattisen mallintamisen mahdollistamiseksi tarvitaan liikkeen ja paikan mittaust. Staattisen mallin luomiseen ja kontrollointiin tarvitaan voiman ja hyötymassan mittaust. (McKerrow 1998, s. 554)

Robottien ulkoisia ärsykeitä mittaavat anturit voidaan jakaa aktiivisiin ja passiivisiin antureihin. Aktiiviset anturit yleisesti vaikuttavat ympäristöönsä lähettämällä energiaa, esimerkkinä kaikuluotain, joka tutkii lähettämiensä ääniaaltojen heijastumaa. Passiiviset anturit tallentavat ympäristöstä tulevaa tietoa, esimerkkinä kamera, joka taltio ympäristöstä heijastuvaa valoa. Yleisin anturi robottisovelluksissa on etäisyysanturi, jolla mitataan

yleisesti robotin ja jonkin objektin välistä etäisyyttä. Etäisyysanturit ovat yleensä aktiivisia antureita, jotka mittaavat lähettämänsä energian heijastumaa päätelläkseen heijastuman kulkuajasta etäisyyden. Etäisyysantureista yleisimmin käytettävät ovat ultraääneen, infrapunaan, optisuuteen, kolmiomittaukseen ja laserskannaukseen perustuvat anturit. (Mordechai & Francesco 2018, s. 22-33)

2.1.3 Teollisuusrobottien työkalut ja ohjelmointi

Robotin työkalu on robotin ohjaama yleis-, ohjelmoitava- tai tiettyyn työtehtävään tarkoitettu laite, joka yhdistää robotin ja käsiteltävän kappaleen. Kappaleelle voidaan tarvittaessa tehdä eri työvaiheita riippuen työkalusta, joka robotissa on kiinni. Robotin työkalut voidaan jaotella monella eri tapaa. Työkalut voidaan esimerkiksi jaotella seuraavilla kriteereillä:

- Kinematiikka
- Tarttujan tyyppi
- Liikkeen kontrollointi
- Energian tuotto
- Kiinnipidon tyyppi
- Anturointi
- Käsiteltävä tuote
- Muut

Kinematiikassa määritellään, mikä työkalun perusrakenne on. Esimerkiksi käytetäänkö vivustoja vai ruuvityypistä rakennetta. Tarttujan tyypissä määritellään, onko tartunnassa useampi ”sormi” vai täytyykö tartunnan olla esimerkiksi joustava tai jokin muu. Liikkeen kontrollointi merkitsee, miten liike toteutetaan työkalussa. Energiantuottoon on useita tapoja, esimerkiksi paineilma, hydraulikka tai sähkö. Kiinnipidon tyyppi tarkoittaa millaista voimaa käsiteltävään kappaleeseen tuotetaan, onko voima esimerkiksi jatkuvaa, riippuuko se materiaalista vai pinnasta johon tartutaan. Työkalussa voi myös olla monipuolisesti anturointeja, esimerkiksi voima-antureita, lämpöantureita tai vaikkapa paineilman paineen mittaava anturi. Käsiteltävä tuote määrittelee työkalun mitoitus ja työkalussa käytettäviä materiaaleja. Muita huomioitavia asioita voi olla esimerkiksi kulumisen kesto, paikoitustarkkuus, jäykkyys tai korroosion kesto. (Ranky 2003, s. 338-339)

Aluksi robottien niveliä ajettiin päin rajakytkimiä ja se tehtiin tiettyssä järjestyksessä. Nykyään roboteille opetetaan tiettyjä pisteitä mihin niiden täytyy mennä ja loogisuus, miten niiden täytyy tiettyissä tilanteissa toimia (Kuivanen 1999, s. 78). Robotin ohjelmoinnissa ihminen on suurimmassa vuorovaikutuksessa robotin kanssa. Ohjelmointi voidaan suorittaa kahdella tapaa: On-line tai off-line ohjelmointi. Näiden kahden ohjelmointitavan erona on se, että on-line ohjelmoinnissa robottia ohjelmoidaan suoraan tuotannossa, eli

se on tuottavasta työstä pois ohjelmoinnin ajan. Off-line ohjelmoinnissa ohjelmointi tehdään ilman robottia, jolloin robotti voi ohjelmoinnin ajan tehdä tuottavaa työtä. Taulukko 1 lajittelee erilaisia ohjelmointitapoja. Kun ohjelma asennetaan robottiin, tulee liikeraidoille ja pisteille tehdä vielä tarkastusajo, jolloin ohjelma voidaan kalibroida toimimaan sille tarkoitettulla tavalla ja vältetään turhat kolaroinnit. (Malm et al. 2008, s. 95)

Taulukko 1 On-line ja off-line ohjelmointimenetelmiä (Malm et al. 2008, s. 95)

ON-LINE	OFF-LINE
Opettamalla ohjelmointi	Tekstipohjainen etäohjelmointi
Oliopohjainen ohjelmointi	Oliopohjainen ohjelmointi
Tekstipohjainen ohjelmointi	”Etäohjaimella” ohjelmointi
Näyttämällä ohjelmointi	Graafinen etäohjelmointi
Konenäköpohjainen ohjelmointi	Automaattinen etäohjelmointi

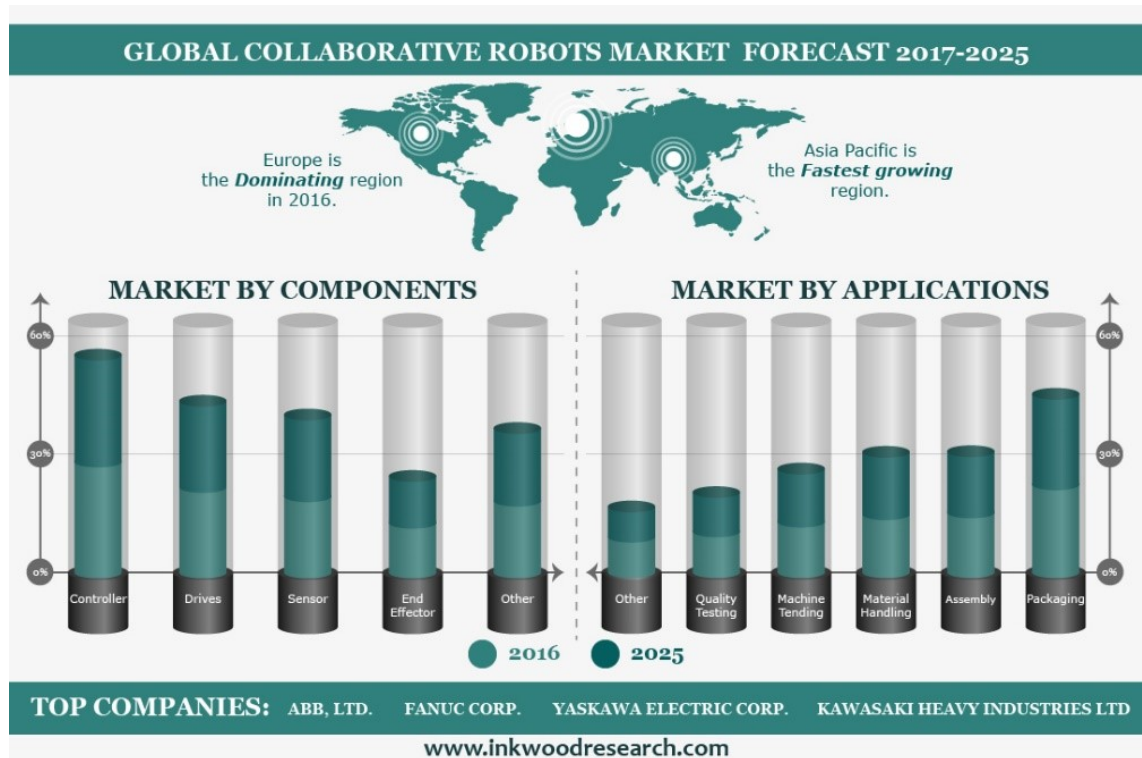
Ohjelmoinnissa tärkeimpiä asioita ovat sovelluksissa tarvittavan työkalun liikkeiden, toimintajärjestyksen ja logiikan laatiminen, muiden järjestelmien signaalien tahdistaminen (ja päinvastoin) robottisolun kanssa sekä virhetilanteiden vaikutuksen määrittäminen robotin toimintaan. Ohjelmoinnin suorittaminen lähtee perinteisesti käyntiin ohjaamalla robottia käsiohjaimella haluttuun sijaintiin, yleensä työkalupisteen mukaisesti, ja tallennetaan tämä piste muistiin. Edellä mainittua ohjelmointityyppiä kutsutaan opettamiseksi. Toinen yleinen ohjelmointityyppi on tekstipohjainen ohjelmointi, joka tehdään kirjoittamalla näyttöpäätteellä. Näitä ohjelmointi tyyppejä käytetään yleensä yhdessä, mutta loogisten ohjelmarakenteiden näyttäminen on helpompaa tekstipohjaisen ohjelmoinnin avulla. (Kuivanen 1999, s. 78-79, McKerrow 1998, s. 718-719)

2.1.4 Yhteistyörobotiikka

Yrityksissä yhteistyörobotteja on toistaiseksi maltillisesti, Robotic Industries Association (2018) markkinatutkimuksen mukaan yhteistyörobotteja myydään noin 3% kokonaisuudessaan teollisuusrobottien myynnistä. Ennuste kuitenkin kertoo, että vuoteen 2025 mennessä tuo osuus kasvanee 34%, joka on jo erittäin merkittävä osuus. Yhteistyörobottien ennustetaan yleistyvän eniten kappaleenkäsittelyssä, kokoonpanossa sekä pakkaamisessa (Kuva 7). Yhteistyörobotiikan kasvua uskotaan kiihdyttävän niiden maltillinen hinta ja koko ajan helpottuva ohjelmointi.

Robotin ja ihmisen yhteistyötä on ollut olemassa jo aikaisemmin, mutta kehittynyt sensortechniikka ja turvajärjestelmät mahdollistavat robotin ja ihmisen yhteisen työskentelytilan. Aikaisemmin robotti on ollut aidattuna ja eristettynä ihmisestä. Tämä on ollut erittäin tehokas ja edullinen keino taata ihmisen turvallisuus. Yhteistyörobotiikalla on tarkoi-

tus yhdistää robottien toistotarkkuus sekä kyky käsitellä ihmiselle sopimattomia kappaleita ja ihmisen joustavuus sekä sopeutuminen. Tällä tavoin robottisovelluksista voidaan saada täysi hyöty irti. (Malm et al. 2008, s. 2)



Kuva 7 Yhteistyörobottien markkinaennuste (Inkwood Research)

Robotin työskennellessä tiukkoja turvajärjestelmiä ja vaatimuksia tarvitaan, kun robotti työskentelee ihmisen kanssa. Turvavaatimukset koskevat niin robotin käsivartta kuin mobiilirobottejakin. Robotin liikenopeuksia on vähennettävä ja varmistettava kaikkien liikkuvien osien vaarattomuus robotin käyttäjille (Mordechai & Francesco 2018, s. 3-4).

Turvajärjestelmien teknologian kehittyessä, kehittyvät myös mahdollisuudet uudentyyppisiin ympäristöihin ja applikaatioihin robotiikan osalta. PK yrityksiin kohdistuvat vaatimukset nopeista ja joustavista tuotantomuutoksista voivat olla ratkaistavissa joustavilla yhteistyöroboteilla. Ihmisen ja robotin yhteistyö jollain tasolla on edellytys tuotannon optimoimiseksi. Tämä yhteistyö voi esimerkiksi tarkoittaa jaettua työtilaa, jolla optimoidaan tehtaan lattiapinta-alaa. (Fryman & Matthias 2012, s. 51; Zanchettin et al. 2016, s. 882)

Mobiilirobotteja voi olla kahdenlaisia: käsin ohjattuja ja täysin autonomisia. Käsin ohjattavia robotteja on käytössä esimerkiksi ilmakuvauksissa, pommien purkutöissä ja putkien sisäpuolisessa tutkimisessa. Täysin autonomiset mobiilirobotit eivät tarvitse ohjaajaa,

vaan ne tekevät työtään reagoiden ympäristöön ja tehden omia päätöksiä toimistaan. Ensimmäiset autonomiset robotit tehtiin yksinkertaisiin ympäristöihin, esimerkiksi imuroimaan lattiaa tai leikkaamaan ruohoa. Nykypäivänä eniten huomioita saava mobiilirobotti voi hyvinkin olla autonominen auto. Ne ovat erittäin hankalia valmistaa toimintaympäristöjen monipuolisuuden ja monimutkaisuuden vuoksi. Anturointien kehittyessä mobiilirobotti saa tarkempaa ja monipuolisempaa tietoa ympärillä tapahtuvista monimutkaisista asioista, mutta tällöin myös robotin käytöksen ohjaus on oltava erittäin joustava ja mukautuva. Tutkimusta ja kehitystä asioiden eteen tehdään paljon. Yksi tutkimussuunta on ihmisen ja robotin välinen kommunikointi aistimalla ja älykkyydellä, jotta robotit voivat oppia ihmisiltä ja sopeutua uusiin olosuhteisiin. (Mordechai & Francesco 2018, s. 4-6)

2.1.5 Robottiikan turvallisuus

Suomessa työturvallisuuteen liittyvää lainsäädäntöä on aloitettu kehittämään vuodesta 1889. Silloin säädettiin asetus, joka koski teollisuusammattissa olevien työntekijöiden suojelua. Seuraava laajempi asetus säädettiin 1914 nimeltään ammatinvaaralta suojeleminen. Se oli sisällöltään laajempi, koski muitakin ammatteja kuin teollisuudesta löytyviä ja siinä oli erillinen osio koneiden vaatimuksista. Yleisiä lakeja ja asetuksia täsmennettiin 1900-luvun alussa useilla päätöksillä ja järjestysohjeilla valtioneuvoston toimesta, sisältäen erityisiä vaatimuksia eri teollisuuden aloille. 1900-luvun alussa pyrittiin myös kiinnittämään huomiota asetusten valvontaan, mutta viranomaisille ei suotu valtuuksia muuhun kuin huomautuksiin ja neuvoihin, vaikka kone tai työolosuhde olisikin vaarallinen työntekijöille. (Siirilä & Tytykoski 2016, s. 25-28)

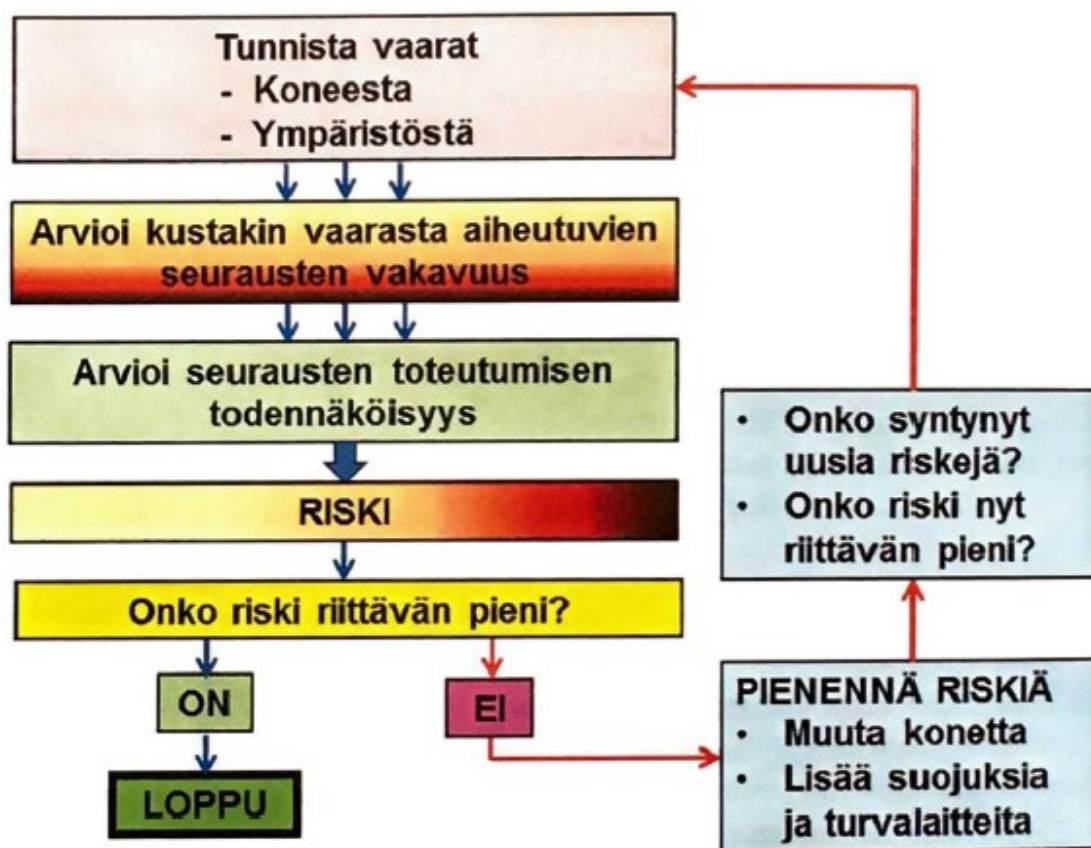
Vuonna 1958 suomeen säädetty työturvallisuuslaki korvattiin laaja-alaisella työsuojelulailla 1970-luvun alkupuolella. Koko lain uusiminen ei kuitenkaan onnistunut kuin vasta 2000-luvulla. Koneita koskevat yleiset koneohjeet, jotka työsuojeluhallitus oli luonut, vahvistettiin vuonna 1976. Olennaisia muutoksia tapahtui, kun Suomi liittyi Euroopan talousalueeseen 1994, jolloin muutoksia alkoivat kokea koneiden turvallisuuteen sekä työsuojeluun liittyvät säädökset. Suomen liittyttyä talousalueeseen tuli omaksua joukko direktiivejä, jotka Euroopan talousyhteisö oli määrännyt omalle toimialueelleen. Kaikki vaatimukset, jotka koskevat uusia koneita, ovat samat Euroopan talousalueen maissa. Direktiivit ja asetukset ovat mahdollistaneet tapaturmien vähenemisen ja asenteet työpaikoilla ovat myös muuttuneet parantuneen turvallisuuden avulla. (Siirilä & Tytykoski 2016, s. 25-28)

Eurooppa muutti lähestymistapaa direktiiveihin 1980-luvun loppupuolella, jolloin määriteltiin uusien direktiivien sisältävän yleiset periaatteet ja tavoitteet. Direktiivejä tarkennetaan turvallisuusvaatimusten muodossa EN-standardien avulla, jotka tilataan eurooppalaisilta standardoimisjärjestöiltä ja hyväksytetään EU-komission toimesta. Hyväksyntä tarkoittaa standardin harmonisoitumista, eli standardi on yhdenmukainen vaatimusten kanssa. Standardit luokitellaan 3 eri luokkaan, A-, B- ja C-luokkaan. Voisi ajatella, että

mentäessä A-luokasta kohti C-luokkaa, standardi kohdentuu enemmän ja enemmän tiettyyn asiaan tai koneeseen. (Siirilä & Tytykoski 2016, s. 87-96)

A-luokassa on yksi standardi tällä hetkellä, standardi SFS-EN ISO 12100, joka esittelee riskien arvioinnin ja hallinnan sekä turvallisuuden yleisiä periaatteita. B-luokan standardeissa esitellään erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja erilaisiin yleisiin toimilaitteisiin tai järjestelmiin. Sovellettaessa B-luokan standardeja, on suoritettava erityinen riskien arviointi, jonka perusteella ratkaisu perustellaan. C-luokan standardeissa yleisesti esitellään tiettyihin konetyyppeihin liittyviä turvallisuusriskejä ja niiden suojaustoimenpiteitä. Pelkällä C-luokan standardilla ei kuitenkaan tule toimeen, vaan esimerkiksi jotain toimilaittestandardeja saattaa joutua käyttämään B-luokasta. Standardit ovat suunniteltu niin, ettei niissä ole päällekkäisiä asioita. Kun arvioidaan koneen säädöksenmukaisuutta ja turvallisuuden riittävyyttä, tulee sitä verrata yhdenmukaistettuihin standardeihin. Tämä on ollut voimassa 1994 vuodesta asti, jolloin konedirektiivi ja sen suomalaiset säädökset tulivat voimaan. Ennen vuotta 1994 valmistettujen koneiden ei ole ollut tarvetta noudattaa säädöksiä. Vanhempien koneiden kohdalla on työnantajien velvollisuus hoitaa koneet ajantasaisten standardien vastaamalle turvallisuuden tasolle, vaikkakin niiden en aina tarvitse täyttää kaikkia standardien yksityiskohtia. Jos kone poikkeaa standardista merkittävästi, voidaan kuitenkin olettaa, ettei se täytä myöskään vaatimuksia, jotka kirjataan käyttöasetuksessa. Huomioon on otettava myös työturvallisuuden näkökulma. Jatkuva työturvallisuuden parantaminen tarkoittaa esimerkiksi riskien arvioinnin päivittämistä. Jos koneessa havaitaan liian suuri riski, jolta ei voi riittävästi suojautua tai sitä ei saada poistettua, tulee kone asettaa käyttökieltoon. Riskien arviointi tulee suorittaa silloin kun löydetään poikkeama koneen turvallisuuden ja voimassa olevan standardin välillä. (Siirilä & Tytykoski 2016, s. 87-96)

Velvoite riskien arvioinnista ja vaarojen tunnistamisesta löytyy koneasetuksesta, käyttöasetuksesta ja työturvallisuuslaista (Siirilä & Tytykoski 2016, s. 162). Vaaroja voi olla monenlaisia, esimerkiksi koneen väärinkäytöstä, epäkuntoisuudesta tai odottamattomasta törmäyksestä johtuvia tai työergonomiaan liittyen (Gopinath & Johansen 2016, s. 202). Riskien arvioinnin tavoitteena on dokumentoida mahdolliset vaarat ja esittää suojaustoimenpiteitä vaarojen poistamiseksi tai pienentämiseksi (Kuva 8). Riskien arviointiin tarvitaan runsaasti tietoa liittyen koneen kuvaukseen, säädöksiin ja standardeihin sekä käytökokemuksiin. Koneesta on esimerkiksi oltava saatavilla kaikki koneen käyttöä koskevat tiedot, asiaankuuluvat standardit ja tekniset eritelmät sekä tietoja terveyshaitoista. Riskien arviointiin kuuluu riskianalyysi ja riskin merkityksen arviointi. Riskianalyysissä saadaan tietoja, joita voidaan käyttää riskien merkityksen arvioinnissa. Tämän pohjalle voidaan perustaa päätös tarvittavista jatkotoimenpiteistä, kuten riskin pienentämisestä. (ISO 12100:2010 2010)



Kuva 8 Riskien arvioinnin ja hallinnan prosessi (Siirilä & Tytykoski 2016, s. 164)

Yrityksissä on edelleenkin laillisia, mutta osaltaan vaarallisia koneita. Tämä johtuu koneisiin aina jäävistä jäännösriskeistä, jotka ovat jääneet jäljelle riskien arvioinnin ja hallinnan toimenpiteiden jälkeen. Riippuen koneesta, standardit voivat sallia suuretkin riskit, kuten esimerkiksi käsin syötettävien puuntyöstö- ja käsikoneiden tapauksessa. Jäännösriskejä muodostuu myös tilanteista, jossa ohjeista poiketen ihminen tarkoituksellisesti tai tarkoituksettomasti aiheuttaa vaaratilanteen. (Siirilä & Tytykoski 2016, s.693-694)

Dhillonin (2015, s. 97-117) mukaan robotteja käytetään nykyaikaisessa teollisuussympäristössä monipuolisesti ja erilaisissa työtehtävissä, jonka vuoksi niiden turvallisuuteen liittyvät ongelmat ovat myös kasvaneet. Robottien tulisi korvata ihmisille vaarallisia tehtäviä, mutta turvallisuuden laiminlyönti robottijärjestelmän suunnitteluvaiheessa saattaa johtaa siihen, että järjestelmä kehittää uuden vaaran poistamansa tilalle. Robotteihin liittyvät onnettomuudet lisääntyvät, johtuen itse robottien yleistymisestä. Robotteihin liittyvät onnettomuudet sattuvat todennäköisimmin silloin, kun robottiin tehdään jotain manuaalista säätöä tai asetusta, kuten käsiohjelmointia.

Vuonna 2003-2004 teollisuudessa sattui 53 693 onnettomuutta, joista robotteihin liittyviä oli 0.12%. Vaikealaatuisiin tai kuolemaan johtavia onnettomuuksia välillä 1989-2006 sattui 8988 kappaletta, joista robotteihin tai manipulaattoreihin liittyviä oli 0,28%. Vakavat onnettomuudet sattuvat todennäköisimmin järjestelmän häiriönpoistossa (48%) ja 20% tapaturmista sattui tuotannon tai säätämisen aikana. Vakavissa onnettomuuksissa suurimassa osassa vammantuottomekanismi on puristuminen ja onnettomuuksille alttiimpina ovat työntekijät, jotka suorittavan robottisolun ohjelmointia, säätöjä tai käyttöhäiriöiden purkamista. (Malm et al. 2008, s. 4-11)

Robottiikan turvallisuutta alettiin standardisoida Euroopassa 1992 kun ISO (International Organization for Standardization) kehitti ensimmäisen luonnoksen ISO 10218 -standardista, jonka CEN adoptoi EN 775 normiksi. Yhdysvalloissa RIA (Robotic Industries Association) kehitti robottien turvallisuus standardin R15.06 ANSI:n (American National Standards Institute) avulla. Ajan kuluessa robottien teknologia kehittyi ja niiden työtehtävät monipuolistuivat. Turvallisuus standardit uusiutuivat ja kehittyivät myös, seuraavaksi tulivat ANSI/RIA R15.06-1992 ja Eurooppaa koskettava ISO 10218:1992. Eurooppalainen standardi käsitteli enemmänkin robottivalmistajien vaatimuksia, kun Yhdysvaltalainen standardi käsitteli tarkemmin robottien käyttöönottoa ja käyttöä. (Fryman & Matthias 2012, s. 52)

Jokainen robottisovellus on joltain osalta omanlaisensa, erilainen muihin sovelluksiin verrattuna. Tämän vuoksi koettiin tarpeelliseksi tuoda standardeihin riskien arviointia. On tärkeää tietää robottisovelluksen työhön liittyvät vaarat ja niiden aiheuttamat riskit. Tehäväperusteinen riskien arviointi esiteltiin ANSI/RIA R15.06-1999 standardissa. Kansainvälinen yhteistyö robottiturvallisuuden yhdenmukaistamiseksi aloitettiin vuosituhaten vaihteessa ja se synnytti uuden ISO 10218-1 standardin vuonna 2006. Jatkona yhteistyölle kehitettiin standardi ISO 10218-2:2011 ja samaan aikaan uudistettiin 10218 standardin ensimmäinen osa. Kuvasta 9 voidaan nähdä visuaalisesti, kuinka erilaiset robottisoluihin liittyvät standardit jaottuvat. (Fryman & Matthias 2012, s. 52)

Yhteistyörobotiikassa yhteistyötyyppi määrittelee turvajärjestelmän rakenteen. Standardeissa ISO 10218-1 ja 2 määritellään 4 erilaista yhteistyötyyppiä, joihin turvajärjestelmät perustuvat.

- Turvaluokiteltu valvottu pysäytys

Robotin työskentelyn on pysähdyttävä, kun ihminen saapuu yhteiseen työtilaan. Ihmisen poistuttua yhteisestä työtilasta robotti voi jatkaa työskentelyä.

- Käsien ohjaaminen

Ihminen ohjaa robottia, joka liikkuu, kun ihminen tarkoituksenmukaisesti sitä haluaa (sallintalaite 5.8.3, ISO 10283-1). Robotin nopeus on rajoitettu vastaamaan riskin arvioinnin luokitusta.

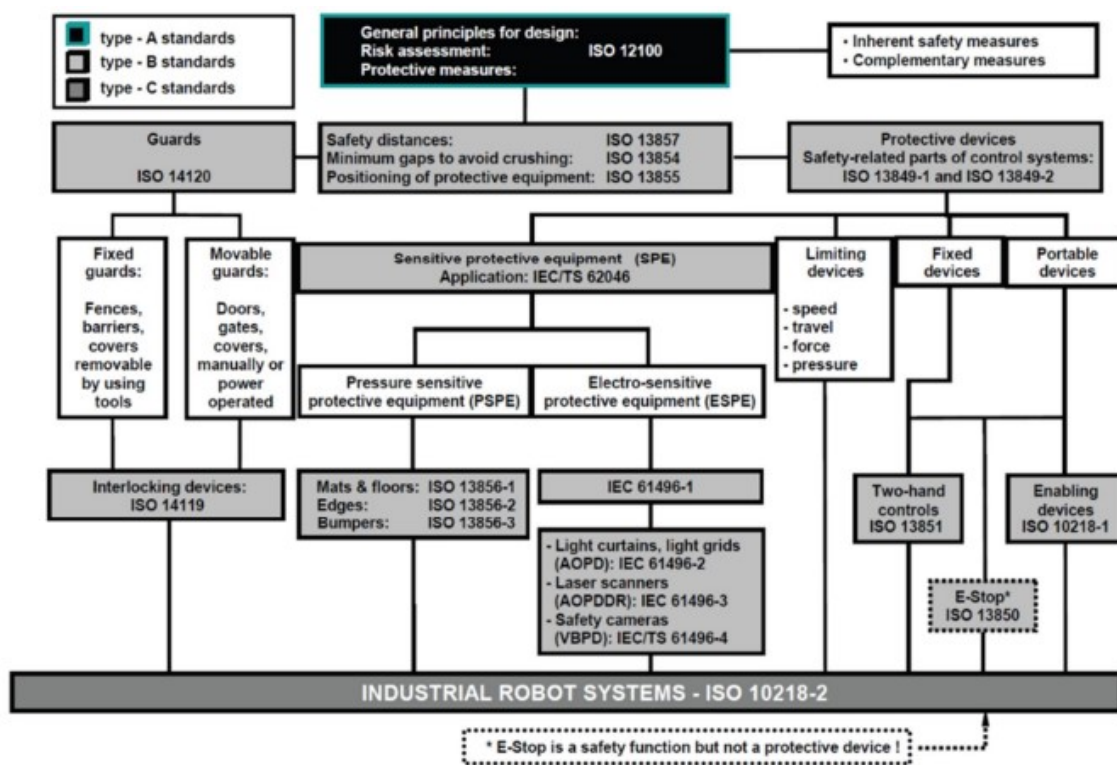
- Nopeuden ja vähimmäisetäisyyden valvonta

Ihmisen ja robotin välille on määritelty vähimmäisetäisyys ja nopeus, jota sen on noudatettava. Jos etäisyys on pienempi kuin vähimmäisetäisyys, tulee robotin nopeutta vähentää tai sen asemaa muuttaa, ettei kontaktia ihmisen ja robotin välillä pääse syntymään.

- Tehon ja voiman rajoittaminen luontaisesti turvallisella suunnittelulla tai ohjauksella

Robotin tehoa tai voimaa rajoitetaan, eli tässä vaiheessa oletetaan ihmisen ja robotin kontakti mahdolliseksi. Jos kontakti tapahtuu, tulee robotin suorittaa suojauspysäytys.

(SFS-ISO 10218-1 2011, s. 37; Fryman & Matthias 2012, s. 54)



Kuva 9 Teollisuusrobotteihin liittyvät tyypillisimmät turvalaitteet ja standardit (ISO 10218-2 2011, s. 53)

Dhillonin (2015, s. 121) mukaan robottijärjestelmän suunnittelussa turvallisuuden näkökulmasta tulisi ottaa huomioon useita eri näkökulmia. Turvallisuuden kannalta tulisi suunnitella kohteena olevalle alueelle riittävä valaistus. Lisäksi tulisi huomioida etäisyydet liikkuvien osien välillä ja etäisyydet muista objekteista solussa. Tulisi myös varmistaa, että robotissa on etädiagnostiikka mahdollisuus, jolloin ongelmanratkaisu voidaan hoitaa etänä liikkumatta robotin työalueella. Robotin työalue ja varoalueet on merkittävä

hyvin. Täytyy myös huomioida varaturvallisuusjärjestelmien toiminta, esimerkiksi varalla olevat valoverhot, tuntomatot tai muu sähköinen tunnistus, jotka viimeistään katkaisevat robotin työskentelyn ihmisen ylittäessä tietyn rajan.

Huomioita on tehtävä myös työntekijä ja operaattori tasolla. Työntekijät, jotka työskentelevät robottien kanssa, eivät saisi tulla liian itsevarmoiksi automatisoitujen järjestelmien kanssa työskennellessään. Tällöin voi käydä niin, että mahdolliset vaarat jäävät huomiotta tai niitä vähätellään. On myös varmistettava, ettei kukaan työntekijöistä pääse robotin työalueelle, kun robotti on odotus tilassa tai alennetulla nopeudella. Työntekijöiden, jotka työskentelevät robottien kanssa, tulisi saada kyseessä olevalle robotille ominainen koulutus sekä koulutus siitä miten kyseinen robottijärjestelmä toimii ja miten työntekijän tulee sen kanssa toimia. Koulutus tulisi olla myös ohjelmoinnin suorittavilla ja huoltohenkilökunnalla. Uusien turvajärjestelmien ja niiden kehittämisen tunteminen työntekijöiden kohdalla on myös suotavaa, koulutukset olisi hyvä olla säännöllisin väliajoin järjestettynä. (Dhillon 2015, s. 121)

2.1.6 Konenäkö ja robotiikka

Konenäkö automaatiojärjestelmissä kasvattaa tärkeyttään koko ajan. Kuivasen (1999, s. 56) mukaan ensimmäiset yksinkertaiset konenäkösovellukset tulivat jo 80-luvulla robotiikkaan. Konenäöllä voidaan tallentaa kaikki visuaalinen tieto tarkasteltavasta kappaleesta tai näkymästä. Kuvasta voidaan esimerkiksi tarkastella geometrisia muotoja ja sen poikkeamia tai vaikkapa muotoa ja kappaleen tai alueen väriä (Jürgen Beyerer et al. 2017, s.367). Mitä konenäkö on? Konenäkö hyödyntää digitaalista kuvankäsittelyä, kuvion tunnistusta ja tekoälyä siten, että sillä voidaan tehdä käytännöllisiä huomioita ja toimintoja. Sillä voidaan parantaa laatua tarkkailemalla tuotteiden tai prosessien laatua ja sillä voidaan myös ohjata tuotannon laitteistoja. (Batchelor 2012, s. 3)

Soinin (2001, s. 332-333) mukaan trendinä on ollut käyttää konenäköä käskyjen antamiseen roboteille ja Hyvösen (2018, s. 50) mukaan kaksiulotteisia kameranäkölaitteita on joka toisessa konepajasovelluksissa ja kolmiulotteiset stereonäköön perustuvat sovelluksetkin alkavat olla tuttu näky. Konenäön yleistyminen roboteissa aistivana elimenä johtuu kameroiden halventuneesta hinnasta ja siitä, että konenäöstä saatava informaatio on erittäin tietorikasta (Mordechai & Francesco 2018, s.6).

2.2 Oppiminen ja opetus teknisellä alalla

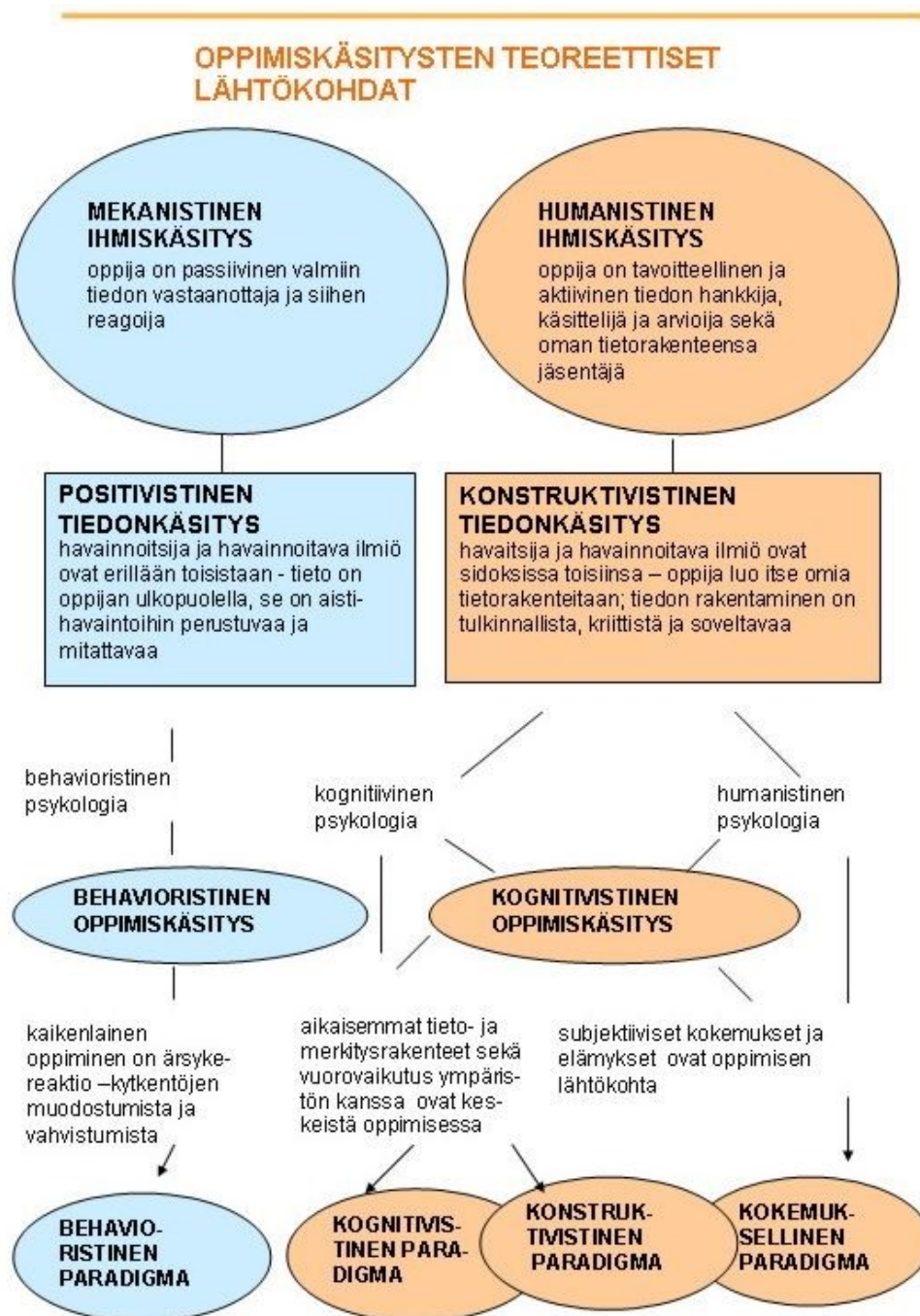
Oppiminen on keino edistää sopeutumista, evoluution kannalta kyky oppia on erittäin tärkeä. Ihminen käsittelee ja taltio informaatiota sekä jäsentelee sitä parhaalla itselleen sopivalla tavalla varhaisvaiheista alkaen. Schönin (2013, s.292) mukaan talouskehityksen edistäminen ja tuottavuuden kasvun perustan luominen voidaan luetella nykyaikaisessa yhteiskunnassa koulutuksen tehtäviin. Yleinen koulutus myös vähentää epätasa-arvoa yhteiskunnassa.

Kuva 10 esittää vallalla olevat oppimiskäsitykset ja niiden perusteet. Oppimisen tutkimisen pitkän historian aikana tutkimus on pohjautunut Behaviorismiin. Behaviorismi on edelleen useasti opetusteknologiaa koskevassa kirjallisuudessa etualalla, joskin kognitiivinen psykologia on noussut sen haastajaksi 1950-luvulla. Behaviorismi pohjautuu kokeelliseen luonnontieteelliseen psykologiaan ja siinä perusajatuksena on kartoittaa oppimisen yleisiä perusmuotoja, pääosin analysoida taitojen ja tottumusten oppimista. Kognitiivisessa psykologiassa ihminen käsitetään informaation käsittelijänä, jossa oppimisprosessi on osa kokonaisprosessia mihin kuuluu esimerkiksi asioiden havaitseminen, niiden muistaminen, ajatteleva ja näiden pohjalta päätöksenteko. Oppimisella voidaan ajatella olevat kolme yleistä teoriaa: empiristinen, rationalistinen ja konstruktivistinen. (Rauste-Von Wright et al. 2003, s. 50-83).

Empiristinen oppiminen voidaan esittää esimerkiksi John Locken (1632-1704) teorian pohjalta. Locken teoriassa mieleemme täyttyy havainnoista, jotka luovat oman kokemusmaailmamme. Nämä kokemukset piirtyvät mieleemme, joka mielletään tyhjänä tauluna minkä kokemukset värittävät. Oppimisessa ja kasvamisessa on Locken mukaan tärkeää itsekontrolli ja se, että kun teemme oikein saamme kiitokset ja vastaavasti moitittavien asioiden tekemistä vältetään. Opettajalle tämä malli on periaatteessa helppo, se on turvallinen ja johdonmukainen, oppiminen tapahtuu löytämällä oikeat vastaukset kysymyksiin. Kun opetellaan perustaitoja, tämä oppimisen malli on todettu hyväksi. (Rauste-Von Wright et al. 2003, s. 142-151)

Konstruktivismin perusajatuksena on muistamisen ja oppimisen tehostaminen organisoidulla mielellä systemaattisesti aineistoa, joka täytyy muistaa. Oppimisessa oppijan täytyy pystyä kytkemään opetettu asia todellisuuteen, jotta opetus voisi olla tehokasta. Lähtökohtana tulisikin olla se, miten asian oppija maailmansa hahmottaa ja miten hän tulkitsee sen maailman käsitteitä. Konstruktivismissa oppija siis itse rakentaa parhaiten itselleen sopivan rakenteen asialle, mikä täytyisi oppia. Tämä suosii vahvasti aktiivisia ja joustavia oppilaita. Tärkeintä ei siis ole tietyt faktat, vaan organisoitu tietorakenne mihin nämä faktat kuuluvat. (Rauste-Von Wright et al. 2003, s. 152-165)

Lonkan (2014, s. 13) mukaan oppimisessa tärkeää on oppijan aktiivinen panos, kun muistarakenteita luodaan opitusta asiasta. Asiat, joille oppija löytää jonkin merkityksen painuvat mieleen ja ne asiat, joille merkitystä ei löydetä unohtuvat. Merkityksellinen ajatteleva vaatii ihmiseltä työmuistin käyttöä, työmuisti vastaa ihmisen tietoisesta toiminnasta sekä tarkkaavaisuuden suuntaamisesta. Työmuistin kuormitus oppitunnilla tulisi olla keskittynyttä yhteen monimutkaiseen asiaan kerrallaan, jotta merkityksiä ja muistarakenteita voidaan kehittää oppijan mieleen. Jos esimerkiksi samaan aikaan pitää keskittyä luentomonisteisiin, muistiinpanoihin ja luennoitsijan puheeseen, ei keskittyminen ole välttämättä tarpeeksi tehokasta ja oleelliseksi tarkoitettu asia ei välttämättä rakennu oppijan muistiin.



Kuva 10 Oppimisteorioiden rakentuminen (Pylkkä 2018)

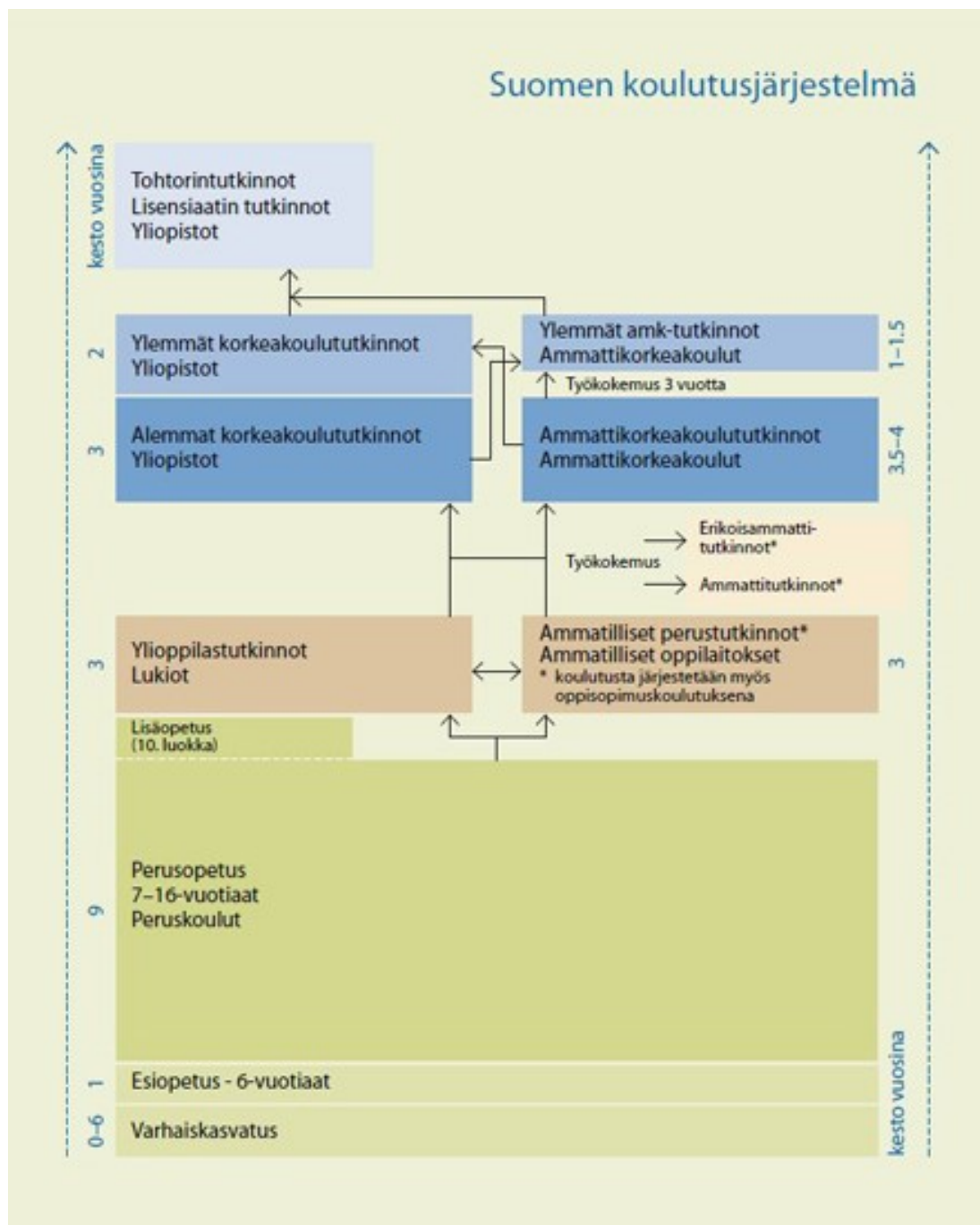
Muistaminen voidaan jakaa pintaprosessointiin ja syväprosessointiin, joista jälkimmäinen mahdollistuu merkitysten rakentamisen ja erilaisten muistimallien avulla. Pintaprosessoinnissa muistettava asia yritetään painaa mieleen sellaisenaan, jolloin se ei ole mihinkään sidoksissa. Pintaprosessointiin kuuluu esimerkiksi perinteisemmät opiskelustrategiat mukaan lukien mekaaninen kertaus, valmiin materiaalin lukeminen tai kopioiminen esimerkiksi taululta. Sen sijaan niin sanottuja tietoja muokkaavia ja siten ymmärrystä ja soveltamista auttavia strategioita ovat esimerkiksi omin sanoin kirjoitettavat tiivistelmät

ja käsitekartat, joiden piirtäminen vahvistaa asioiden välisiä suhteita ja niiden perusteella kehittyä myös rakenteesta ja niiden välisistä suhteista tehtävät johtopäätökset. Tiedon muokkaus tai kehittäminen aktiivisesti, on aina oppimista edistävää. Eli muistaminen, ja sitä kautta oppiminen, voi olla paikkoihin, tapahtumiin, taitoihin tai tietoihin perustuvaa, joihin oman suolansa lisää sosiaalisten ja fyysisten ympäristöjen vaikutukset. (Lonka 2015, s. 23-72)

Suomalaisessa koulujärjestelmässä peruskoulun jälkeen on kaksi mahdollisuutta jatkaa opintoja, lukioon tai ammatilliseen oppilaitokseen, joiden molempien koulujen normaali läpäisemisaika on kolme vuotta. Molemmista kouluista on mahdollista hakea joko ammattikorkeakouluun tai yliopistoon. Korkeakoulututkinto jaetaan alempaan ja ylempään tutkintoon, jotka molemmat ovat mahdollisia suorittaa ammattikorkeakoulussa tai yliopistossa, tietyin eroavaisuuksin. Korkein mahdollinen tutkinto suomen koulutusjärjestelmässä on tohtorin tutkinto. Kuva 11 selventää tutkintojen sijainnin Suomen koulutusjärjestelmässä ja miten eteneminen ylempiin tutkintoihin menee. Tohtorin tutkinnon suorittamiseen vaadittavaa aikaa ei ole määritetty, koska se vaihtelee suuresti. Ideaali aika, joka kuluu peruskoulun aloittamisesta tohtorin tutkinnon aloittamiseen, on noin 17 vuotta. Tämä aika voi vaihdella riippuen esimerkiksi tutkintoon tarvittavan työkokemuksen kartuttamisen vuoksi tai asepalveluksen vuoksi. (Opetushallitus 2018)

Motivaatio. Pyrkimys päämääriin ja tavoitteisiin liittyy motivaatioon, kuten myös suhtautumisen muodostuminen opittavaan asiaan. Parhaimmillaan erittäin motivoitunut ihminen kehittää opittavaan asiaan tai työhön intohimon. Opettajan täytyy erittäin motivoituneiden opiskelijoiden kohdalla huolehtia siitä, että työn lomassa muistetaan myös levätä ja rentoutua. Motivoitunut opiskelija saa opiskelun tuntumaan leikiltä, mutta jos motivaatiota ei ole, saa se opiskelun tuntumaan työltä. Motivaatio tarvitsee aidon innostuksen johonkin kohteeseen tai asiaan. Jos innostus ei kanavoidu johonkin kohteeseen, jää innostus pinnalliseksi ja se ei saa ihmistä liikkeelle. (Lonka 2015, s.167-188)

Motivaatiota voidaan sanoa olevan kahta eri tyyppiä: sisäinen ja ulkoinen motivaatio. Sisäinen motivaatio lähtee siitä periaatteesta, että ihmisellä on oma aito kiinnostus asiaa kohtaan, mitä hän on tekemässä. Asioita ei tarvitse tehdä pakon edessä tai sen vuoksi, ettei tuntisi huonoa omaatuntoa, vaan sen vuoksi, että asiaan on muodostunut merkityksellinen suhde. Sisäisen motivoinnin syntymisen peruspilareina toimii mielekäs asiayhteys, uteliaisuuden herääminen, sopivan haastava tehtävä ja riittävä pystyvyyden tunne. Sisäisen motivoinnin herättämiseksi ongelmalähtöinen oppiminen on erittäin sopiva oppimismuoto. (Lonka 2015, s.167-188)



Kuva 11 Suomen koulutusjärjestelmä (Opetushallitus 2018)

Ulkoinen motivointi perustuu ulkoisten palkintojen tai rangaistusten jakamiseen, eli onnistumisesta tai opetellusta tiedosta palkitaan ja päinvastoin epäonnistumisesta rangaistaan. Tentit ovat hyvä esimerkki. Jos opiskelijaa ei aihe kiinnosta ja hän lukee aihealueen kirjallisuutta tai aineistoa ainoastaan tenttiä varten, on hän ulkoisesti motivoitunut. Tällöin tentissä epäonnistumisen ”uhkakuva” ajaa häntä eteenpäin. Ulkoisen motivaation kääntäminen sisäiseksi on mahdollista. Jokin asia, joka on tuntunut hyvin vieraalta, voi

kääntyy kiinnostavaksi ja herättää sisäisen motivaation, kun sitä pakotetusti ensin opiskelee tietääkseen perusasiat. Motivaatio usein myös parantuu, kun aiheeseen syntyy omia tavoitteita palveleva suhde. Motivoinnissa oma roolinsa on myös kannustamisessa sekä roolimalleissa. Innostavalla opettajalla voi olla merkittävä rooli sisäisen motivaation syttymisessä. Motivoinnin merkitys oppimiseen on kiistaton. Tärkeää on tukea opiskelijoiden itseluottamusta ja tukea oppimista rakentavan palautteen välityksellä. Opetuksessa olisi hyvä käyttää digitaalista teknologiaa, jos opiskelijat ovat teknologisesti kehittyneitä, sillä he hyötyvät erityisen paljon siitä. (Lonka 2015, s.167-188)

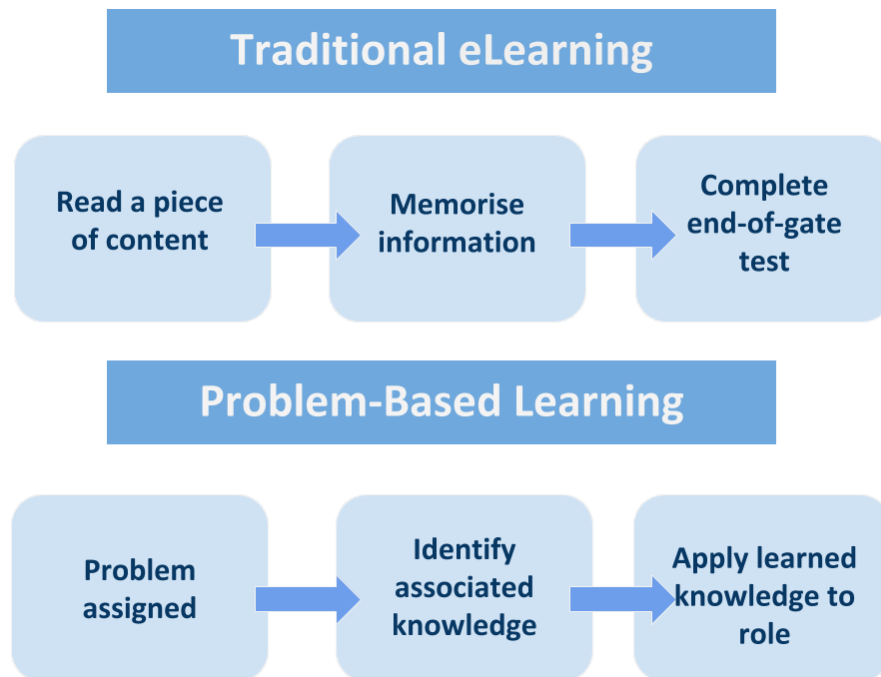
Asiantuntijuus. Mitä on asiantuntijuus? Asiantuntija mielletään useasti erityisosajaksi, jolla on harrastuksen tai ammatin kautta kertynyttä pitkää kokemusta jostain tietystä asiasta. Lisääntyvä kokemus onkin ollut lähtökohtana syntyvälle asiantuntijuudelle eri tilanteiden ja yksilöiden kohdalla. Helokorpi ja Olkinuora (1997) määrittelevät asiantuntijuuden ilmentymän fyysisenä tai henkisenä suorituksena. Heidän mukaan asiantuntija osaa ratkaista ongelmia johtopäätösten perusteella, jotka ovat syntyneet aineiston analysoinnin perusteella. Asiantuntijalla tulisi myös olla valmiudet yhteistyöhön, jolloin esimerkiksi verkostoasiantuntijuus voi kehittyä. Jotta asiantuntijuuden sisällöllinen kehitys ja muodollinen edellytys saadaan täytettyä vankkaa asiantuntijuutta vaativissa tehtävissä, edellyttää se usein korkeatasoista, tutkintoon johtavaa koulutusta. Mutta asiantuntijat eivät kuitenkaan välttämättä aina ole korkeakoulutasoisen tutkinnon omaavia. Osaamisen ei aina tarvitse perustua pitkähköön koulutukseen, vaan pitkällisen kokemuksen aikaansaamaan tietämykseen. (Lehtinen et al. 2016, s. 279-289)

Asiantuntijuus tulee työelämän kokemuksen myötä. Ammattikorkeakoulujen tavoitteena on helpottaa opiskelijoiden pääsemistä työelämään, ja sitä kautta kasvamaan asiantuntijoiksi sekä aloittaa elinikäinen prosessi asiantuntijana kasvamisessa (Suomala 2003, s.97). Otalan (2018) mukaan tulevan insinöörin tulisi pystyä ajattelemaan ja ohjaamaan omaa ajatteluaan. Tällöin voidaan miettiä miten asiat voivat tulevaisuudessa kehittyä, jotta uudet mahdollisuudet voidaan ottaa huomioon. Tällöin niihin voidaan valmistautua ja tämä vaatii myös tehokasta oppimista.

2.2.1 Ongelmalähtöinen oppiminen

Ongelmalähtöisen oppimisen peruslähtökohtana on jokin ongelma, mihin perinteisesti ryhmä opiskelijoita lähtee etsimään vastausta (Kuva 12). Ryhmissä (varsinkin pienryhmissä) tapahtuva oppiminen mahdollistaa asiantuntijuuden jaetun rakentumisen sekä oppimisen vastavuoroisesti. Ongelman määrittely voi vaihdella ja laajimmillaan ongelma voi olla sellainen mihin ei löydy välttämättä oikeaa vastausta. Jos ongelmaa voidaan rajata ja sille on löydettävissä selvät kriteerit, voidaan ratkaisua luultavimmin arvioida hyvinkin konkreettisesti. Ongelmalähtöinen oppiminen voi lähteä jopa opintosuunnitelma tasolta, jolloin eri aineiden aihealueita integroidaan opetuksessa. Ongelmalähtöisen oppimisen vahvuudet tulevat esiin koulutusprosesseissa, joissa opetellaan ammatillisia valmiuksia ja jotka ovat kokonaisuosaamiseltaan helposti arvioitavissa. Oppimisprosessia ei

saa kanavoida liikaa ja tukahduttaa ongelmaa liiallisilla rajauksilla. Rajaukset kuihduttavat innovatiivisuutta, koska oppija ei välttämättä saa muotoilla ja löytää itse varsinaisia ongelmia. (Rauste-Von Wright et al. 2003, s. 207-208)



Kuva 12 Ongelmalähtöisen oppimisen (Problem Based Learning) ero perinteiseen oppimiseen (Webb 2018)

Ongelmalähtöiseen oppimiseen voidaan ottaa seitsemän askelta toimintatavan omaksumiseksi (Lonka 2015, s.65-66):

1. *Tapaukseen liittyvien termien selventäminen*
2. *Ongelman määrittely*
3. *Aivoriihi eli brainstorming*
4. *Ilmiötä kuvaavan selitysmallin rakentaminen*
5. *Oppimistavoitteiden muotoilu*
6. *Itsenäinen opiskelu*
7. *Opitun tiedon soveltaminen ja arviointi*

Ensimmäisenä selvitetään opiskelijoille tehtävään liittyviä ennestään tuntemattomia (tai tunnettuja) termejä ja käsitteitä. Kun opiskelijaryhmä on tutustunut tapaukseen kokonaisuudessaan, määritellään mikä itse ongelma on. Ongelman ympärille kehitellään aivoriihi, jossa etsitään ongelmaan liittyviä asioita sekä ajatuksia ja kirjataan ne ylös. Asioiden ja ajatusten perusteella rakennetaan selitysmalli, joka kuvaa ongelmaa ja sen syntymekanismeja. Ajatuksia ja syntyneitä selitteitä pitää voida perustella, että ne huomioidaan

selitysmallissa. Seuraavaksi tarkastellaan tarvittavia aihealueita ja määritetään oppimistavoitteet niihin perustuen. Ryhmälle asetetaan tavoitteita mihin he pyrkivät itseopiskelun vaiheessa. Itsenäisen opiskelun vaiheessa ei tarvitse olla pelkästään opiskelijoiden itsensä ohjaamaa opiskelua, vaan silloin voi olla myös luentoja tai harjoitustöitä, mutta näihin osallistuminen voi olla vapaaehtoista. (Lonka 2015, s. 65-68)

Opittua tietoa käytetään ongelman tai ilmiön selittämiseen ja ongelman ratkaisemiseen. Ryhmän yhtenä tehtävänä on myös tehdä itsearvioita oppimistavoitteiden saavuttamisesta. Jos halutaan korostaa opetusohjelmaan kuuluvia tärkeimpiä käsitteitä ja ilmiöitä, voidaan käyttää ongelmalähtöisen oppimisen tapaa opettaa asioita. Tällöin asioita ei käydä läpi pintapuolisesti, vaan keskitytään olennaisiin, tärkeisiin asioihin ja asiat painuvat syvemmin muistiin, jolloin ne myös säilyvät kauemmin muistissa. (Lonka 2015, s. 65-68)

2.2.2 Elinikäinen oppiminen

Oppimista monella eri elämänaalueella koko elämänkaaren ajan on vakiintuneesti kutsuttu elinikäiseksi oppimiseksi. Oppimisen määritelmä kattaa formaalit oppimisympäristöt, kuin myöskin sen ulkopuolellakin tapahtuvan oppimisen. (Kangaspunta 2018, s. 11)

Elinikäinen oppiminen rantautui suomeen viimeistään 1990-luvun puolen välin jälkeen, jolloin OECD pyrki torjumaan nousseita uhkakuvia, pyrkimyksenä työvoiman käyttäminen joustavasti ja kilpailukyvyn ylläpito kansallisella tasolla. Tarkoitus oli myös säilyttää yhteiskunnallinen yhteenkuuluvuus. 2000-luvulla elämänlaajuinen oppiminen kytkeytyi elinikäisen oppimisen ideologiaan ja kaikkinaisen oppimisen tunnistaminen sekä tunnistaminen nousi koulutuspolitiikassa keskeiseksi teemaksi. (Rinne et al. 2006, s. 17)

Oppiminen muutoksissa on tärkeää. Ihmiset, jotka keskittyvät pelkästään työhönsä, eivätkä anna ajatustakaan uuden oppimiselle, ovat riskiryhmässä joutua syrjäytetyksi esimerkiksi automaation yleistymisen vuoksi. Työpaikkoja puute ei vaivaa, vaan oikeanlaisella koulutuksella ja tietämyksellä olevien työntekijöiden puute. Tiedosta ja koulutuksesta tulee uusi raha, jota voidaan myös jakaa ilman että jakaja sitä menettää. (Simmons 2018)

Jotta ihmiset saisivat tarvittavat kompetenssit ja paremmat mahdollisuudet saada osaamistaan vastaavaa työtä, Euroopan komission on julkistanut tulevaisuuden koulutuspoliittiset suunnitelmat. Avainkompetenssit, jotka kattavat koko elämänajan, sisältävät asioita monipuolisesti, kuten sosiaalisen, digitaalisen, kulttuurisen ja teknisen osa-alueen. Tavoitteena komissiolla on perusosaamisen korottaminen, yrittäjäpainotteisen koulutuksen edistäminen, digitaalisten kompetenssien parantaminen, STEM (science, technology, engineering, maths) kompetenssien tukeminen ja kehittäminen sekä kielten osaamisen kasvattaminen tähtäimenään kielimonipuolisuuden lisääminen. (Euroopan komissio 2018)

2.2.3 PLE ja PLN

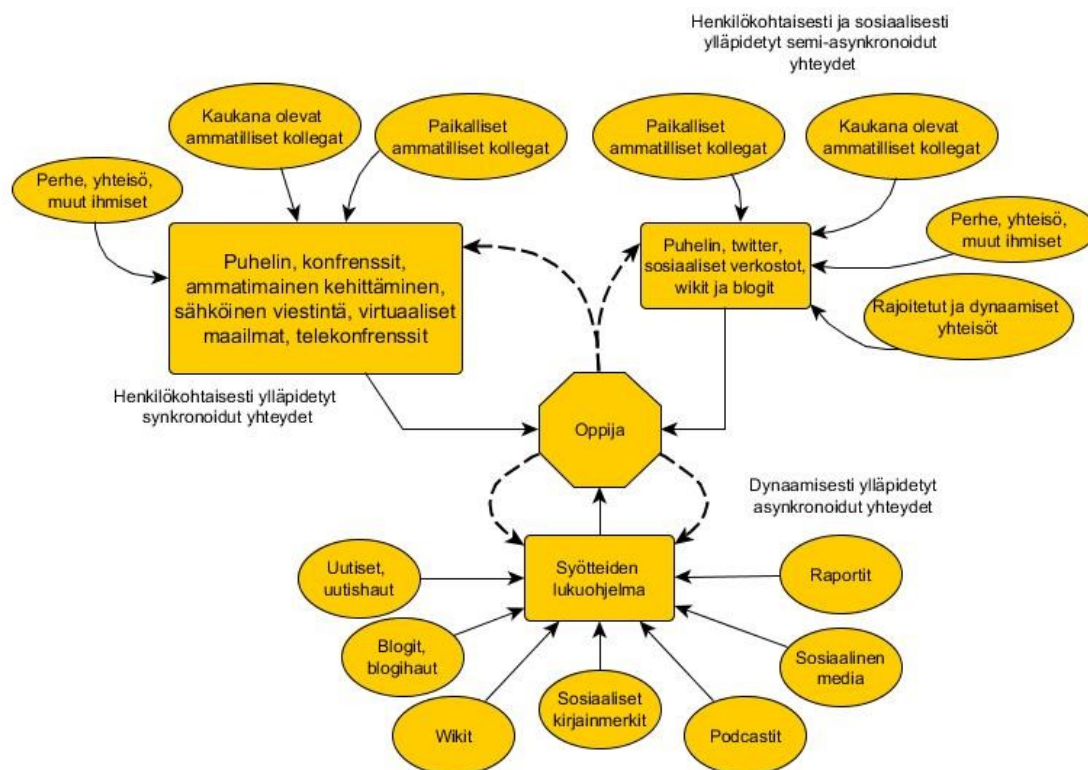
PLE (Personal Learning Enviroment) on konsepti, jossa opiskelijan oletetaan rakentavan itse oppimisensa virtuaalisen ympäristön. Opiskelija määrittelee itse oppimisen sisällön ja tavoitteet, hallitsee oman oppimisensa prosessia ja kommunikoi muiden prosessia läpikäyvien kanssa. PLE on eräänlainen oppijalähtöinen näkökulma oppimiseen, jossa yhdistyy teknologinen, pedagoginen tai oppimisen verkostojen näkökulma (Personal Learning Network). Malli tukee parhaimmillaan erilaisia oppijoita, koska oppija voi tunnistaa oman oppimisen käytänteitä ja PLE tekee läpinäkyväksi koko oppimisprosessin ja ne tekijät, jotka edistävät oppimista. Tällä tavoin oppija voi itse kontrolloida paremmin oppimistaan ja löytää omat oppimisen väylät. (Barkley & Major, s. 399-400)

PLE kuvaa myös oppijan työkaluja, yhteisöjä ja palveluita, joiden avulla muodostuu oppimisen tavoitteet. PLE ei kuvaa pelkästään jotain tiettyä palvelua tai ohjelmaa vaan ajatusta siitä, miten yksilöt lähestyvät oppimista (ELI 2009, s. 1).

PLE:stä merkittävään tekee sen suuntautuminen oppijan omien resurssien käyttöön tiedon hankinnassa, eikä perinteiseen tiedon jakamiseen esimerkiksi tekstikirjan kautta. Se pistää siis oppijan itse vastuuseen omasta oppimisesta ja suuntaa oppimista siihen suuntaan mikä sopii yksilölle parhaiten. Mallin heikkous piilee juuri tässä ajatuksessa. Kaikki oppijat eivät välttämättä ole valmiita pohtimaan omaa oppimistaan ja siten eivät välttämättä osaa ”kasvattaa” omaa oppimisympäristö valikoimaansa. Monet opiskelijoista eivät myöskään käsitä onko virtuaalisessa maailmassa puhuva ihminen kertomassa omaa mielipidettään vai esimerkiksi tutkimusten tuloksia. PLE on tulos WEB 2.0 kehityksestä ja se ottaa vaikutteita koulutusprosessista. Tulevaisuudessa tiedon siirron merkitys vähenee ja tilalle tulee harjoitukset, joissa yhdessä kerätään oikeanlaista tietoa, jolloin tieto tietystä asiasta rakentuu. (ELI 2009, s. 2)

Warlickin (2009, s. 12-16) mukaan henkilökohtainen oppimisverkosto (PLN) tarkoittaa kaikkia kanavia, mitä pitkin oppimista voi tapahtua. Esimerkiksi jos käyttää jotain kanavaa kysymyksen kysymiseen kollegoilta, määritellään se osaksi verkostoa. Verkosto voidaan määritellä kolmeksi eri osaksi, jotka määräytyvät kontaktityypin mukaan (Kuva 13). Ensimmäisenä mainittakoon verkosto, joka on henkilökohtaisesti ylläpidetty ja sisältää ihmisiä ja paikkoja, joilta voit saada kysymyksiin vastauksia ja ratkaista ongelmia. Tähän verkostoon kuuluvat esimerkiksi perhe ja kollegat, viestintätapana puhelin, chatit, Skype ja muut pikaviestintään tähtäävät palvelut. Toinen verkosto, mistä oppia ja tietoa voi ammentaa, on semisynkronoitu verkosto. Tämä tarkoittaa, että voit pistää tähän verkostoon kysymyksen, mutta et välttämättä saa heti vastausta, esimerkiksi aikaeron vuoksi. Tähän verkostoon kuuluu esimerkiksi wiki -sivustot ja blogit. Näiden ”tiedonsiirto” menetelmien takana ovat yleensä kaukaiset tai läheiset kollegat, tai jokin muu ammattiryhmittymä. Kolmas verkosto on hieman erilainen, kuin kaksi edellistä, joissa yhdistetään ihmisiä tietoineen. Kolmanteen verkostoon kuuluu asialähteet, jotka koetaan tärkeäksi tiedon lähteeksi. Tiedon jakoon Warlick (2009) ehdottaa RSS virran kokoamiseen tarkoitettua

palvelua, kuten Google Reader tai Netvibes palvelua, mutta se voi olla mikä tahansa tietoa kanavoiva palvelu, missä voi itse valita käytettävät lähteet.



Kuva 13 Oppijan henkilökohtainen oppimisverkosto (perustuu lähteeseen Warlick 2009, s 15)

2.2.4 AHOT -menettely

AHOT tarkoittaa aikaisemmin hankitun osaamisen tunnistamista ja tunnustamista. Ajatus on se, että pyritään vähentämään päällekkäistä kouluttautumista sellaisilla osa-alueilla, joilta opiskelija on saanut osaamista jollain tavalla. Käytännössä kyseessä on siis opintojen hyväksiluku, joka perustuu opiskelijan aikaisemmin hankittuun osaamiseen ja sen tunnustamiseen, mutta myös eräänlainen oppimisprosessi, missä opiskelijan henkilökohtainen oppimissuunnitelma tukee aiemmin hankittua osaamista. Mahdollisuus korvata tutkintoon liittyviä opintoja esimerkiksi aikaisemmin hankitun osaamisen perusteella on tullut ammattikorkeakouluihin voimaan elokuussa 2003. Euroopan Unioni on ollut aktiivinen koulutuspolitiikassaan liittyen pyrkimykseen elinikäisessä oppimisessä ja työelämän liikkuvuudessa. Euroopan Unioni on pyrkinyt myös jäsentelemään keinoja, joissa epävirallinen ja arkioppiminen voidaan käytäntöjen osalta yhtenäistää ja antoikin jäsenmailleen suosituksia asian validoinnista vuonna 2012. (Kiviniemi 2013, s. 163-167)

AHOT tunnustaa formaalia, in-formaalia ja non-formaalia oppimista. Formaali oppiminen on sellaista, joka tapahtuu jossain koulutusinstituutissa strukturoidusti ja sillä on jokin tavoite, esimerkiksi todistus. Non-formaali oppiminen on myös strukturoitua ja tarkoituksellista oppimista oppijan näkökulmasta, mutta se ei ole koulutusinstituution järjestämää. Non-formaali oppiminen on useasti tulosta oppijan omasta tai työnantajan halusta kouluttautua joltain tietyiltä osilta. In-formaali oppiminen tapahtuu arkielämässä, esimerkiksi liittyen harrastuksiin, työhön tai vaikkapa perheeseen. Oppiminen ei ole strukturoitua ja se ei myöskään välttämättä ole tarkoituksellista. Yleisesti oppimisessa nämä oppimispaikat menevät sekaisin. (Malcolm et al. 2003, s. 314-315)

Ongelmat aikaisemmin hankitun osaamisen tunnistamisessa liittyvät yleisesti opintojaksojen osaamistavoitteiden epäselvyyteen. Jotta henkilöiden osaamista voidaan arvioida, tulisi arviointikriteerien olla selkeät ja yhdistettävissä opintojakson osaamistavoitteisiin. Jos ammattikorkeakoulu on onnistunut osaamisperustaisten opetussuunnitelmien laadinnassa, AHOT-prosessin onnistuminen on todennäköisempää. AHOT-menettelyn hyväksyminen tarkoittaa sitä, että opiskelijoilla on oikeus ennen opintojakson alkamista oman osaamisen arviointiin, kun normaalisti osaaminen arvioidaan opintojakson lopussa. Joka tapauksessa osaamisen arviointikriteerit tulisi olla samat molemmissa tapauksissa. Ongelman voi myös muodostaa se, että opiskelijoilla ei ole ymmärrystä minkä kaltaista osaamista he omaavat, miten AHOT menettely toimii ja että heillä on mahdollisuus oman osaamisen arviointiin. (Kiviniemi 2013, 170-175)

2.2.5 Oppimisympäristöt ja teknologia

Ympäristön ja yksilön välinen vuorovaikutus ja siihen liittyvät oppimista tukevat välineet mielletään usein oppimisympäristö käsitteeksi. Teknologian ottaminen mukaan oppimiseen jakaa mielipiteitä. Oppimisen tehokkuuden ja motivaation lisäämiseksi tulisi lähiopetuksen ja verkossa tapahtuvan opetuksen yhdistämistä hyödyntää tehokkaammin (Euroopan komissio 2013, s. 5). Parhaimmassa tapauksessa teknologiset ratkaisut muuttuvat yhdeksi sulautuneeksi oppimisympäristöksi, joka voi sisältää verkko-opetusta, luentoja sekä erilaisia teknologisia välineitä. (Lonka 2015, s. 106)

Opetusympäristön käsite on kokenut muutoksia ajan saatossa ja yksi laajennus on niin kutsuttu kaikkiallinen oppiminen, joka ei sido enää oppimista pelkästään kouluun, opettajaan ja luokkahuoneeseen, vaan oppimista tapahtuu koko ajan ja joka paikassa. Mäkiäho ja Wallinheimon (2012, s. 17-18) mukaan opetuksessa hyödynnettäviä opetusympäristöjä löytyy nykyaikana hyvin paljon verkosta. Verkossa toimivat oppimisympäristöt ovat yleisesti yhteistoiminnallisia ja sosiaalisen kanssakäymisen mahdollistavia, yleensä jonkin oppimiseen tarkoitetun kokonaisuuden ympärille rakennettuja. Yksi oppimisen ideologia on käänteinen oppiminen, jossa opiskelijat käyvät jonkin materiaalin läpi omalla ajallaan ja kontaktitunti varataan aiheeseen liittyvään keskusteluun. Käänteisessä oppimisessa voidaan ottaa samankaltainen lähestymistapa kuin ongelmalähtöisessä oppi-

misessa (kts. 2.2.1) määrittämällä jokin tavoite tai ongelma, johon opiskelijat sitten etsivät vastausta. Oppitunnit käytetään selvitettävien asioiden koontiin ja keskustellaan aiheesta syvällisemmin. (Lonka 2015, s. 107-108)

2.2.6 Yhteenveto

Oppiminen on sitä, että saadaan luotua muistirakenteita opituista asioista. Oppimisessa mennään jatkuvasti suuntaan, missä oppijalla on aktiivisempi panos. Tämä merkitsee perinteisten oppimisen rajojen rikkomista. Tärkeää olisi saada oppijan sisäinen motivaatio heräämään, jotta opiskeltava asia tuntuisi oppijasta tärkeältä ja se herättäisi syväprosessointia. Sisäisen motivaation herättäminen voi tapahtua esimerkiksi omia tavoitteita palvelevasta asiayhteydestä tai se voi herätä innostavan opettajan toimesta. Jos aihealue on erittäin hankala, voi motivaatio herätä esimerkiksi siitä, että opiskelijoiden mielipiteitä otetaan huomioon toteutuksessa. Tarkoituksena oppimisessa on, että saadaan oppija asiantuntijuuden alkupolulle. Asiantuntijuus kehittyy ajan myötä ja se edellyttää elinikäisen oppimisen periaatteita. Elinikäistä oppimista voi kehittyä formaalin, non-formaalin ja informaalin oppimisen kautta. Aikaisemmin hankitun osaamisen tunnistamista voidaan käyttää, jos oppijalla on asiantuntijuutta opintojakson aihealueelta.

Koska oppimista siirretään koko ajan enemmän oppijan vastuulle, tulevat suurempaan rooliin erilaiset oppimisympäristöt. Oppijoiden on yhä tärkeämpää luoda omia oppimisverkostoja ja -ympäristöjä oppimisen tehostamiseksi. Tiedon ollessa nykyaikana suurimmaksi osaksi helposti saatavilla, on myös tärkeää osata erotella tiedon massasta olennainen tieto. Oppimista voidaankin nykyään kutsua kaikkialliseksi oppimiseksi, koska oppimista tapahtuu joka puolella ja hankittua oppimista voidaan tunnistaa ja tunnustaa.

2.3 Haastattelu

Haastattelu on tilanne, jossa kaksi (tai useampi) ihmistä keskustelee ja jossa toisella on tutkijan rooli. Haastattelijalla on useimmiten valmiita kysymyksiä haastateltavalle tai ainakin aihealueita kirjoitettuna ylös, mistä informaatiota tarvitaan. Haastattelijan on tallennettava saatu informaation ja tähän voi käyttää esimerkiksi kynää ja paperia, sanelukonetta tai joissain tapauksissa videokameraa. Haastatteluista on saatavissa informaatiota suusanallisesti, mutta myös tulkiten haastateltavan ruumiinkieltä, jonka vuoksi se onkin oikein toteutettuna hyvä työkalu näkökulmien, asenteiden tai muun tarvittavan tiedon hankkimiseen ihmiskontaktin avulla. (Gray 2004, s. 213)

Maailma on täynnä haastatteluja monissa eri muodoissa. Media haastattelut, työpaikka-haastattelut ja jopa puhelinmyyjän soitto saattavat aluksi tuntua haastatteluilta. Kun puhutaan tutkimushaastattelusta, se on paljon muuta kuin iso kasa kysymyksiä. Tutkimushaastatteluiden historia juontuu toisen maailmansodan jälkeiselle ajalle, jolloin kansanmielipide kiinnosti ja haastatteluihin pyrittiin saamaan mahdollisimman suuri otos ihmisten mielipiteistä. (Hyvärinen et al. 2017, s. 11-14)

Kvalen (2006, s. 483-486) mukaan haastattelu on eräänlainen yksisuuntainen dialogi. Tämä sen vuoksi, että haastattelija säätelee haastattelua ja siksi se ei ole ns. vapaata keskustelua. Tässä ajattelutavassa on vaarana johdatteleva haastattelutapa, ns. platoninen, jossa haastattelija johdattelee haastateltavan vastausta kohti haastattelijan itse kokemaa totuutta (Hyvärinen et al. 2017, s. 16). Haastatteluilla on tarkoitus kerätä tietoa laadullisessa ja määrällisessä tutkimuksessa, joista ensimmäisessä se on erittäin tärkeässä roolissa (Lopez 2012, s. 565). Laadullisen tutkimuksen haastatteluja on alettu jaotella strukturointiasteen mukaan sen jälkeen, kun tiukasti strukturoidusta ja standardisoidusta mallista on alettu luopua. Yleisimmät luokittelut ovat strukturoitu, puolistrukturoitu ja strukturoimaton haastattelu, joista jälkimmäinen on hieman hankala täysin toteuttaa tutkimushaastattelussa. On kuitenkin oletettavaa, että tutkija tietää aihealueen, josta haluaa tietoa. (Hyvärinen et al. 2017, s. 20-21)

Grayn (2004, s. 215) mukaan haastattelut voidaan jakaa viiteen eri kategoriaan, Strukturoituun, puolistrukturoituun, fokuoituun, ei ohjattuun ja epämuodolliseen keskusteluhaastatteluun. Näistä haastattelu tyypeistä epämuodollinen keskusteluhaastattelu vastaa lähinnä strukturoimatonta haastattelua. Lopezin (2008, s. 565-566) mukaan strukturoimatonta haastattelua käytetään usein, kun haastattelija ei tiedä käsiteltävästä asiasta kovin paljoa, vaan pyrkii prosessin edetessä oppimaan asiasta. Tässä lähestymistavassa haastattelijalla ei ole tarkkoja ennalta laadittuja kysymyksiä. Haastattelija pyrkii saamaan haastateltavan kertomaan pieniä tarinoita tai kertomuksia aiheesta ja täten hankkimaan tietoa. Haastattelussa olisi pyrittävä mahdollisimman jatkuvaan tarinaan, minimaalisilla keskeytyksillä. Keskustelua ei voi tarkasti ohjata, koska haastattelun tema on vielä tuntematon. Puolistrukturoidussa haastattelussa haastattelija tietää useimmat kysymyksistä, mutta ei osaa arvata mikä vastaus kysymykseen saadaan. Kysymykset esittävät yhtä näkökulmaa kerrallansa ja pysyy loogisesti aihepiirissä. Kysymysten esittämisessä voidaan käyttää suppilotyylä, eli haastattelija voi ensin kysyä yleistyyppejä, laajoja kysymyksiä ja tarkentaa loppua kohti, tai myös päinvastoin. Tarkempien kysymysten esittäminen aluksi saattaa auttaa motivoimaan hieman varauksellisimpia haastateltavia.

Haastattelua tehdessä erittäin tärkeään rooliin nousee kysytyt kysymykset. Ensin tarvitaan kysymyksiä, joilla jäsenellään koko tutkimusta. Sen jälkeen kysymysten tulisi olla varsinaisia haastattelukysymyksiä. Viimeiseksi kysytään aineistolle tehtävät kysymykset, joilla jäsenellään aineiston suhtautuminen varsinaisiin tutkimuskysymyksiin. Itse kysymysten muoto vaikuttaa siihen, millaista saatu aineisto on ja mitä sillä voi tehdä. Kysymysten muoto vaikuttaa myös siihen millaisessa muodossa vastaukset ovat. Kysymysten suunnittelussa kannattaa pysyä valitussa temassa, kysymysten määrään ei ole suoraa ohjetta tai kaavaa koska kaikki haastattelut ovat erilaisia. Kuinka monta haastattelua tutkimukseen tarvitaan? Siihen ei ole myöskään suoraa vastausta, koska se riippuu paljon tutkimuksen laadusta ja tarvittavista tuloksista. Jos tutkimus perustuu esimerkiksi elämäkertomukseen, ei haastatteluja välttämättä tule kovinkaan montaa. (Hyvärinen et al. 2017, s. 24-26)

Tässä tutkimuksessa käytetään tiedonhankkimismuotona kahta erilaista haastattelua. Etelä-Pohjanmaalla oleville valikoiduille yrityksille tehdään ensin kontaktihaastattelu teema- ja kyselyhaastattelun muodossa. Tämän jälkeen tehdään web pohjainen kyselyhaastattelu laajemmalla levityksellä. Tutkimuksessa selvitetään kuinka Etelä-pohjanmaan alueella olevat kone- ja metalliteollisuuden yritykset suhtautuvat robotiikkaan, joka on kysymyksenä hyvinkin kvalitatiivinen. Kysymykseen haetaan aineistoa puolistrukturoidulla teemahaastattelulla. Gray (2004, s. 215-217) toteaa, että puolistrukturoitu teemahaastattelu antaa haastattelijalle vapauden esimerkiksi muuttaa kysymysten järjestystä, poistaa kysymyksiä tai kysyä tarkentavia kysymyksiä, riippuen mihin suuntaan haastattelu on menossa. Tämä voi osoittautua tärkeäksi etsittäessä uusia ideoita ja tulkintoja tutkittavasta aiheesta tai ilmiöstä.

Yrityksille tehtävä kontaktihaastattelu aloitetaan teemahaastattelulla ja jatketaan kyselyhaastattelulla. Kyselyhaastattelun tarkoituksena on hakea painotuksia eri robotiikan ja yhteistyörobotiikan alueille, joita yritykset pitävät tärkeänä tuotannon tai suunnittelun toimihenkilöiden osata. Taulukosta 2 voidaan nähdä itse täytettävän kyselyhaastattelun ja haastattelun eroja. Kyselyhaastattelulla saadaan kvantitatiivista tietoa käsitelystä aiheesta koska kysymykset ovat aina samat kaikille haastateltaville (Gray 2004, s. 215). Ensimmäisiä kontaktihaastatteluja pidetään pilotoitina myöhemmin järjestettävälle web pohjaiselle kyselyhaastattelulle, jonka rakenne on samankaltainen kuin kontaktihaastattelussa käytettävä kyselyhaastattelu osio. Tämä takaa sen, että kyselyhaastattelulle saadaan heti vastaajia ja sitä saadaan mahdollisesti muokattua ennen suurempaa levitystä. Nykytilan kartoituksessa käytetään asiantuntijahaastattelua, jonka rakenne vastaa enemmälti puolistrukturoitua haastattelua, aihealueen ollessa rajattu robotiikan opintojaksoihin.

Taulukko 2 Vertailu haastattelun ja kyselyn eroavaisuuksista. (perustuu lähteeseen Arksey, H. & Knight, P. 1999, s. 34-35)

Ominaispiirre	Haastattelu	Itse täytettävä kyselomake
Tuo tietoa	Samoin kuin kyselykin, mutta mahdollisuus syvällisempään	Asenteista, motivaatiosta, mielipiteistä, tapahtumista
Parhaimmillaan	Tarinoiden ja perspektiivien löytämiseen	Hypoteesin validiteetin testaamiseen
Vastausten hedelmällisyys	Haastattelun osapuolien dialogi mahdollistaa nyanssien taltioinnin ja kysymyksiä voi tarvittaessa selventää. Mahdollistaa improvisoinnin. Haastattelut usein pitkiä	Kysymyksiä ei voi muuttaa ja vastaajan äänensävyjä ei voi taltioda, pitkät haastattelut ei suotavia
Eettisyys	Haastattelija tietää ketä haastattelee, mutta puhtaaksikirjoittaessa haastattelusta voidaan tehdä anonymi	Anonyymit vastaukset voidaan taata
Näyte koko	Ei kovin suurelle kohdejoukolle, pois lukien puhelin haastattelut	Jos kyselyä verrataan väestöön, kohdejoukko oltava suuri
Suunnitteluun tarvittava aika	Haastattelu ohjeen laadinta, pilotointi, ei luultavasti kovin suuri ongelma	Kyselyn laadinta (validiteetti ja luotettavuus), pilotointi, voi olla hyvinkin aikaa vievä
Operatiiviseen työskentelyyn tarvittava aika	Haastatteluiden sopiminen, matkustus, yhteyden luominen, kaikki runsaasti aikaa vieviä	Kyselyn jakaminen, ei useasti aikaa vievää
Aineiston läpikäyntiin tarvittava aika	Tyypillisesti 7-10 tuntia, jos haastattelun kesto 1 tunti	Useasti hyvin nopea, aika riippuvainen kyselylomakkeen muodosta
Aineiston analysointiin käytettävä aika	Tarvittava aika usein aliarvioidaan	Useasti hyvin nopea, riippuen vapaan sanan kysymysten määrästä
Kulut	Jos kaikki kulut huomioidaan, usein hyvin korkeat	Kulut koostuvat usein kyselyiden printtauksista, levityksestä ja vastaanotosta. Korkea vastausprosentti toivottavaa

2.3.1 Teemahaastattelu

Teemahaastattelu on terminä monitarkoituksellinen siinä mielessä, että sen on tulkittu tarkoittavan monia eri haastattelumenetelmiä. Teemahaastatteluissa kertyy useasti hyvin paljon materiaalia, joten hyvät analyysimenetelmät ja esitystavat ovat tarpeen. Teemahaastattelun voisi sijoittaa strukturointiasteensa mukaan kyselyhaastattelun ja strukturoimattoman haastattelun väliin. Teemahaastattelut ovatkin puolistrukturoidun haastattelun muoto, vaikkakin se sijoittuu lähemmäksi strukturoimatonta kuin strukturoitua. Tässä haastattelumuodossa ei oteta suoraan kantaa haastateltavien määrään tai siihen onko se kvalitatiivinen tai kvantitatiivinen, haastattelijalla ei myöskään ole tarkasti muotoiltuja kysymyksiä tai kysymys järjestystä, jolloin haastateltavalle annetaan enemmän vapauksia vastata tai kertoa aiheesta. Kysymykset liittyvät tiettyyn teemaan, josta haastateltavalta oletetaan olevan tutkimuksen kannalta oleellista tietoa olevan. (Hirsjärvi & Hurme 2001, s. 1-48)

2.3.2 Asiantuntijahaastattelu

Asiantuntijahaastattelussa on kyse haastattelusta, jossa haetaan tietoa aihealueesta tai prosessista, mikä on rajallisen joukon hallussa. Ennen haastattelua joukon hallussa oleva tieto on tietenkin vain oletus. Asiantuntijuus määräytyy tutkittavan aiheen ja tarvittavan tiedon perusteella ja käytettävä haastattelutyyppejä määrättyy sen mukaan mitä asiaa tutkitaan. Asiantuntijahaastattelut ovat usein ennalta arvaamattomia ja niissä saattaa tulla yllättäviä käänteitä. Haastattelun runko saattaa muotoutua uudelleen haastattelun edetessä, joten haastatteluun täysin valmistautuminen ei välttämättä ole kriittistä. Tämän tyyppisissä haastatteluissa haastateltava saattaa yrittää vaikuttaa tutkimuksen näkökulmaan ja lähestymistapaan, tämä saattaa osaltaan tuoda esiin tutkimuksen kannalta tärkeää tietoa esimerkiksi asenteista tai kentällä vallitsevista erotteluista. (Alastalo et al. 2017, s. 228-230)

Asiantuntijahaastattelua yksistään voidaan käyttää asiantuntijoiden tietojen sisällön tai erojen tutkimiseen, eri yritysten tai instituutioiden välillä. Usein asiantuntijahaastattelua käytetään tukemaan tai täydentämään toisia haastattelumenetelmiä, tai hakemaan asiantuntijan mielipidettä tai ajatuksia muiden haastatteluiden tuloksista tai johtopäätöksistä. (Flick 2014, s. 230)

2.3.3 Kyselyhaastattelu

Kyselyhaastattelu on yleistys tiukasti strukturoidulle haastattelumuodolle. Kyselyhaastattelun muotoja voivat olla esimerkiksi itse täytettävät kyselylomakkeet, internetissä itse täytettävät kyselylomakkeet, puhelinhaastattelut ja kasvokkain käytävät haastattelut. (Singleton Jr & Straits 2001, s. 59)

Kyselyhaastattelun tarkoituksena on kerätä tietoa, jolla voidaan mitata asenteita, tekoja tai aikomuksia suurilta ihmismassoilta, jotta se edustaa tarpeeksi suurta osaa tutkimusta koskevaa joukkoa (Houtkoop-Steenstra 2000, s. 1-2). Kyselyhaastattelun tavoitteena ei ole jonkin yksittäinen mielipide, vaan tarkoituksen on kerätä suurempi määrä tilastollista tietoa, joka voidaan jaotella eri kategorioihin. Haastattelutilanteessa tulisi haastattelijoiden toimia ja käyttäytyä samankaltaisesti, jotta tuloksiin tulee vähiten vaihtelua esimerkiksi haastattelijan luonteesta tai asenteesta johtuvista tekijöistä. Jos näin ei tapahdu, voidaan sitä pitää virheenä ja se vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Kyselyhaastattelu lähtee siitä, että haastattelija kertoo haastateltavalle kyselyn rakenteen ja vastausvaihtoehdot. Kyselyn kysymykset ja vastaukset tulisi olla mahdollisimman selkeät ja sellaiset mitä ei helpolla voi ymmärtää väärin. (Leinonen et al. 2017, s. 88-91)

Internetin välityksellä tehtävien kyselyhaastatteluiden kehitys on ollut lupaavaa, sitä voi hyvinkin käyttää kehittyneissä maissa (Gelder, M M H J van et al. 2010, s. 1295). Kyselyhaastatteluilla on hyvä selvittää tietoja konkreettisista ja yksiselitteisistä ilmiöistä. Menetelmä on verrattain halpa, laajan vastaajajoukon tavoittaminen helpompaa ja aineiston käsittely tilastolliseen analyysiin on yksinkertaisempaa. Taulukon 2 kohtaan ”parhaimmillaan” kyselyhaastattelun sarakkeeseen voisi lisätä myös sen, että lomakemuotoinen haastattelu on hyvä, kun testataan jonkin kvalitatiivisen tutkimuksen yleistettävyyttä. (Hirsjärvi & Hurme 2001, s. 37-45)

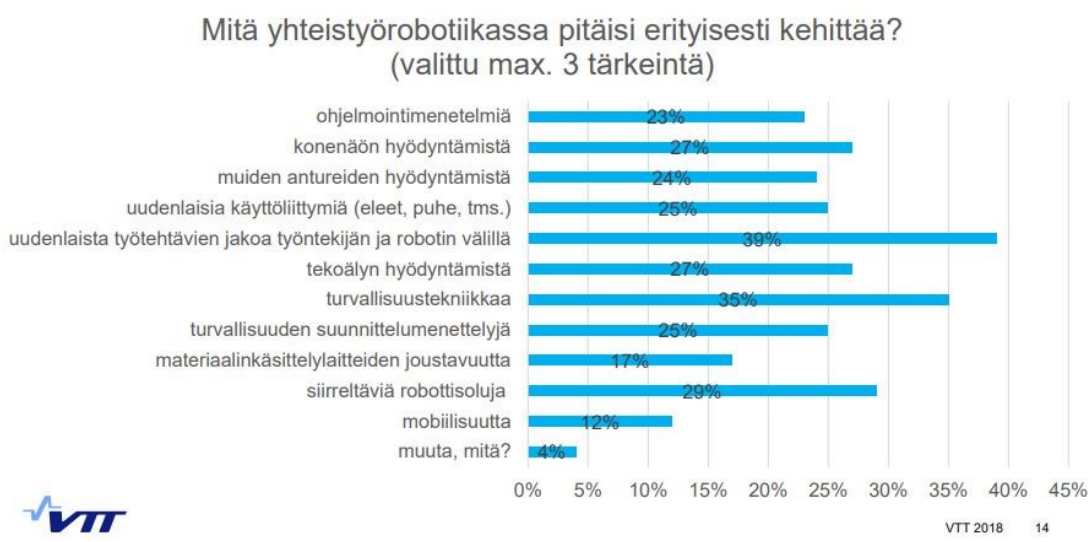
2.3.4 Haastatteluiden kohdejoukko ja lukumäärä

Haastatteluilla pyritään löytämään tietoa, jonka avulla voidaan tehdä päätelmiä tutkittavasta aiheesta ja suunnittelun tärkeys tulee tutkimuksen mennessä eteenpäin useasti esiin. Haastatteluiden suunnitteluun käytettyä aikaa ei voida ikinä aliarvioida. (Hirsjärvi & Hurme 2001, s. 65-66)

Kuten Hyvärinen (2017, s.26), Kvale (1996, s. 102) ja Hirsjärvi & Hurme (2001, s. 58) mainitsevat, haastateltavien osallistujien määrään vaikuttaa tutkimusongelman ja tutkimuksen tarkoitus. Jos esimerkiksi suoritetaan tapaustutkimusta erityistapauksista, voi haastateltavien määrä olla hyvinkin pieni, mutta tarkasti rajattu. Kvalen (1996, s. 101-102) mukaan haastatteluita pitää tehdä niin monta kuin tarvitsee. Tärkeää on, että saa tarvittavan tiedon aiheesta, jota tutkii. Useasti haastateltava joukko on joko liian pieni tai iso, tämä johtaa siihen, ettei tilastollisia yleistyksiä tai tarkkoja tulkintoja voida tehdä. Hirsjärvi & Hurme (2001, s. 60) mukaan voidaan haastateltavien määrän tulkintana käyttää ”saturaatio” tapaa. Tässä tavassa tutkija haastattelee niin montaa haastateltavaa, kunnes ei enää tunne saavansa uutta tietoa tutkimukseen. Tässä tavassa on kuitenkin jossain tapauksissa hankalaa määrittää milloin tutkimukseen ei enää voi tulla uutta tietoa. Milloin tutkimuksessa on tarpeeksi tietoa, päättää tutkija itse, ja tämä useasti pohjautuu tuntemukseen.

2.3.5 Yhteistyörobotiikan kyselyhaastattelu

Aaltonen & Salmi tekivät vuonna 2018 VTT:llä tutkimuksen kehityshaasteista ja -tarpeista liittyen yhteistyörobotiikkaan. Kysely oli anonymi ja se tehtiin Webropol -alustalla. Kohderyhmänä tutkimuksessa oli Suomen Robotiikkayhdistyksen jäsenet, jolloin kysely tavoitti 318 henkilöä. Kyselyn taustalla oli NxtGenRob-tutkimusprojekti. Suurin osa kyselyyn vastanneista edusti robottijärjestelmien soveltajaa tai valmistavaa teollisuutta. Toiseksi eniten tutkimukseen vastasi opetus- ja tutkimusosalalla työskentelevät ja kolmanneksi robottijärjestelmäintegraattoreita edustavat henkilöt. Tutkimuksen kyselyyn vastanneista suurimmalla osalla robotit olivat perinteisiä robotteja, jotka olivat aidattuna tai ilman fyysisiä aitoja. Kokonaisuudessaan yhteistyörobotteja oli 45% vastanneista yrityksistä tai instituutiosta, joista 29% voivat olla kontaktissa ihmisen kanssa ja 16% tapauksissa kontakti oli estetty anturein. Koska kyselyn kohderyhmä oli robotiikkayhdistyksen jäsenet, suurin osa tunsikin oman osaamisen robotiikan ja yhteistyörobotiikan saralla olevan hyvällä tasolla. Suurin osa vastanneista oli sitä mieltä, että yhteistyörobotit avaavat uusia mahdollisuuksia tuotannon automatisoinnin kannalta lähitulevaisuudessa ja suurimmat mahdollisuudet olisivat kokoonpanossa, mittauksessa (tai tarkastuksessa), paletoinnissa, keräilyssä, pakkaamisessa ja koneiden palvelemisessa. Tutkimuksen kyselyn mukaan suurimpia esteitä soveltamiselle ovat tiedon puute ja kolme suurinta kehityskohdetta yhteistyörobotiikassa olivat uudenlaisten työtehtävien jako (ihminen – robotti), turvallisuustekniikka ja siirreltävät robottisolut. Paljon ääniä saivat myös konenäön hyödyntäminen, tekoälyn hyödyntäminen, uudenlaiset käyttöliittymät sekä suunnittelumenettelyt turvallisuudelle (Kuva 14). Tiedon puutetta koettiin muun muassa yleisessä tiedossa, sovel-lusmahdollisuuksissa, referensseissä, tekniikassa, turvallisuudessa sekä standardeissa, käyttöönnotossa, ohjelmoinnissa ja laajentamismahdollisuuksissa.



Kuva 14 Yhteistyörobotiikan kehityskohteet (Aaltonen & Salmi 2018, s. 14)

3. NYKYTILAN KARTOITUS

3.1 Robotiikka teollisuusyrityksissä

Teollisuusrobottien myynti ympäri maailman on ollut kasvussa. Vuonna 2016 kasvua myynnissä oli 16%, joka oli kova lisäys myyntiin jo neljäntenä vuotena peräkkäin. Suurimpana kasvualueena on ollut Aasian ja Australian alue, jossa 2016 myytiin noin 191 000 kappaletta robotteja. Euroopassa sekä Pohjois- ja Etelä-Amerikassa vuonna 2016 vastaavat luvut olivat 56 000 ja 41 000 kappaletta. Euroopan ja Pohjois- sekä Etelä-Amerikassa myyntitilastojen kasvu on ollut myös hyvässä nousussa, mutta kappalemääräisesti Aasia ja Australian alue on ollut huomasti edellä. Teollisuuden aloista autoteollisuus on ollut suurin robottien hankkija, toisena elektroniikkateollisuus ja kolmantena metalliteollisuus. Huomattavaa on, että elektroniikkateollisuuden robottihankinnat ovat miltei kaksinkertaistuneet vuodesta 2014 vuoteen 2016 verrattuna. Myyntimäärien ennustetaan kasvavan ja vuonna 2020 myyntimäärät maailmanlaajuisesti voivat olla jopa 521 000 kappaletta tuntumassa. Euroopassa myyntitilastoissa kärjessä on Saksa, jossa myytiin 2016 noin 20 000 kappaletta robotteja ja joka vastasi miltei kolmasosasta Euroopan myynnistä. Ennusteessa vuoteen 2020 mennessä itä Eurooppa ja Skandinaaviset maat ovat kirineet Saksan etumatkaa myyntitilastoissa. (IFR 2017, s. 15-17)

Suurin robottitiheys kansainvälisesti on Etelä-Koreassa, jossa 10000 työntekijää kohden on 631 robottia. Verrattuna keskiarvoon, joka on 74, lukema on hyvin korkea. Suomessa vastaava luku on 138, eli hyvin yli keskiarvon. Vuonna 2016 robotteja asennettiin eniten Kiinassa, noin 87000 kappaletta. Teollisuusrobotteja on asennettu vuosien 2004-2016 välillä Suomeen keskimäärin n. 370 kappaletta vuosittain. Suurimmat lisäykset roboteissa on tullut hitsaukseen ja kappaleen käsittelyyn. Varsinkin hitsauksen osalta vuonna 2016 robotteja oli asennettu moninkertainen määrän kuin kahtena edellisellä vuonna yhteensä. Teollisuuden aloista autoteollisuus oli suurin robottien hankkija vuonna 2016 (noin 350 kappaletta) ja toisena metalliteollisuus, jossa robotteja oli asennettu hieman yli 100 kappaletta. (Suomen Robotiikkayhdistys 2017)

3.2 Robotiikka ammattikorkeakouluissa

Robotiikan opintojaksoista etsittiin tietoa viimeisimmistä opetussuunnitelmista ammattikorkeakoulujen verkkosivuilta. Hämeen ammattikorkeakoulussa konetekniikan opiskelijat opiskelevat robotiikkaa valmistusautomaation opintokokonaisuudessa, joka on suuruudeltaan 15 opintopistettä. Opintojaksoon kuuluu tuotannonohjauksen ja -suunnittelun periaatteet, kustannustehokkuus, CAD/CAM -suunnittelu, CNC-koneiden käytön opet-

telu, valmistusjärjestelmät, robotiikka ja sen ohjelmoinnin perusteet, materiaalit sekä valmistusmenetelmien merkitys tuotteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. (HAMK opetussuunnitelmat 2017)

Opintojaksot sijoittuva ajallisesti 2.lukuvuoden ja 3.lukuvuoden kevään välille. Useimmiten opintojaksot pidetään 3.lukuvuoden aikana. Satakunnan ammattikorkeakoulussa robotiikkaa opetetaan konetekniikan sekä sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelmassa, jossa aihealue on jaettu kahdelle eri opintojaksolle: robotiikan perusteet ja robotiikka. Itse robotiikka opintojakso on samankaltainen kuin konetekniikan opiskelijoille, myös laajuudeltaan 3 opintopistettä. Robotiikan perusteet liittyvät teollisuusautomaation moduuliin ja opintojakso on laajuudeltaan 2 opintopistettä. (SAMK opetussuunnitelmat 2017)

Oulun ammattikorkeakoulussa robotiikkaa opetetaan koneautomaation ammattiopinnoissa Production automation -opintojaksolla, joka on 10 opintopisteen laajuinen. Opintojaksoon kuuluu myös työkalu- sekä mittaustekniikkaa ja se järjestetään 3. lukuvuoden syksyllä. (OAMK opetussuunnitelmat 2017)

Metropolia ammattikorkeakoulussa robotiikkaa opiskellaan koneautomaation suuntautumisvaihtoehdossa. Opintojakso ”teollisuusrobotit tuotannossa” on 5 opintopisteen laajuinen ja kuuluu rajoitetusti miehitetty tuotanto -moduuliin, mikä kokonaisuudessaan on 15 opintopisteen laajuinen. Opintojakson sisältö on seuraavanlainen:

- *Robottityypit ja rakenteet*
- *Robottien käyttökohteet teollisuudessa ja robottijärjestelmät*
- *Robottitarraimet ja työkalut*
- *Robottien ja robottijärjestelmien anturoinnit ja aistinjärjestelmät*
- *Robottien ohjelmointi ja käyttö*
- *Robottien turvallisuus*
- *Tuotteen suunnittelu automaattisen valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden kannalta*
- *Suunnitteluprojekti*

(Metropolian opetussuunnitelmat 2017)

Metropoliassa kyseinen opintojakso on ajastettu olevan 3. lukuvuoden keväällä ja se on pakollinen opinto koneautomaatio opiskelijoille. Opintojakson arvioinnissa painotetaan robottien käyttömahdollisuuksien tuntemista, suunnitteluperusteita ja robotin käyttöön liittyviä asioita. (Metropolian opetussuunnitelmat 2017)

Kajaanin ammattikorkeakoulussa robotiikka konetekniikan koulutusohjelmassa, sisältyy automaatiotekniikan moduuliin. Opintojakso on pakollinen opinto ja se sijoittuu ajallisesti 2. lukuvuoden keväälle. Robotiikan opintojaksoon sisältyy seuraavat aihealueet:

- *Robottitilastoja*
- *Robottien rakenteet*

- *Tarttumat ja työkalut*
- *Robottien anturit*
- *Robottien käyttö ja ohjelmointi*
- *Sovellusesimerkkejä ja oheislaitteita*
- *Robottien liittäminen muihin automaatiojärjestelmiin*
- *Robottijärjestelmien turvallisuus*

(KAMK opetussuunnitelmat 2017)

Opintojakson osaamistavoitteissa painotetaan käyttömahdollisuuksia ja robotin ohjelmointi osaamista. Arvioinnissa arvostetaan muun muassa käsitteistön osaamista, ohjelmointi osaamista ja tiimin osana työskentelemisen taitoa. Opintojakso on laajuudeltaan 3 opintopistettä. (KAMK opetussuunnitelmat 2017)

Vaasan ammattikorkeakoulussa konetekniikan koulutusohjelmassa robotiikka kuuluu mekatroniikan pakolliseen 15 opintopisteen laajuiseen moduuliin. Itse robotiikan opintojakso on 5 opintopisteen laajuinen. Opintojakson sisältöön kuuluu teollisuusrobottien rakenteet ja tyypit, turvallisuus, käyttökohteet ja oheislaitteet sekä robottien ohjelmointiin liittyvät asiat. Opintojakso sijoittuu ajallisesti 3. lukuvuoden syksyyn. (VAMK opetussuunnitelmat)

Savonia ammattikorkeakoulussa robotiikka konetekniikan koulutusohjelmassa sijoittuu tuotantotekniikan syventäviin opintoihin. Opintojakso, jossa robotiikkaa opetetaan, on nimeltään tuotantoautomaatio ja se on 5 opintopistettä laajuudeltaan. Tuotantoautomaation opintojaksoon kuuluu myös valmistusjärjestelmien ja FMS-järjestelmien aihealueita. Opintojaksolla käydään läpi robotisoidun hitsauksen ja kappaleenkäsittelyn perus käsitteet sekä robotiikkaa syvemmin. Ajallisesti opintojakso sijoittuu 3. lukuvuoden keväälle. (Savonia AMK Opetussuunnitelmat)

Lahden ammattikorkeakoulussa konetekniikassa on kolme suuntautumisvaihtoehtoa. Robotiikkaa opetetaan sähkö- ja automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehdossa. Opintojakso on laajuudeltaan 5 opintopistettä ja sijoittuu ajallisesti 2. lukuvuoden keväälle. Opintojaksossa perehdytään:

- *Paikoitusjärjestelmään (koordinaatistot)*
- *Robottien rakenteisiin ja tyypeihin*
- *Käytön simulointiin*
- *Ohjelmointiin*
- *Laboratorioharjoituksiin*

(LAMK Opetussuunnitelmat 2017)

Satakunnan ammattikorkeakoulussa robotiikkaa opetetaan konetekniikan opiskelijoille pakollisena, sijoittuen ajallisesti 2. lukuvuoteen. Opintojaksolla painotetaan useita robotiikan osaamisen alueita, kuten ohjelmointi ja testaus osaamista simulointiympäristöissä,

koordinaatistojen ja ohjelmarakenteiden osaamista sekä robotiikan soveltamisen merkitystä teollisuudessa. Opintojaksolla käsitellään:

- *Teollisuusrobottien rakenteet ja -ohjausjärjestelmät*
- *Teollisuusrobottien soveltaminen teollisuudessa*
- *Robottien ohjelmointi ja testaus simulointiympäristöissä*
- *Ohjelmointiprosessi*
- *Suunnittelu*
- *Ohjelman rakenne ja käskyt*
- *Koordinaatistot ja niiden soveltaminen*

(SAMK opetussuunnitelmat 2017)

Opintojakso on luokitukseltaan A, eli perusosaaminen, ja se on laajuudeltaan 3 opintopistettä. Robotiikkaa opetetaan myös sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelmassa, jossa aihealue on jaettu kahdelle eri opintojaksolle: robotiikan perusteet ja robotiikka. Itse robotiikka opintojakso on samankaltainen kuin konetekniikan opiskelijoille, myös laajuudeltaan 3 opintopistettä. Robotiikan perusteet liittyvät teollisuusautomaation moduuliin ja opintojakso on laajuudeltaan 2 opintopistettä. Sisältö opintojaksolla on seuraava:

- *Robotin mekaaniset rakenteet*
- *Robotin soveltaminen teollisuudessa*
- *Robotin ohjelmointiympäristöt*
- *Ohjelmointi ja koordinaatistot*

(SAMK opetussuunnitelmat 2017)

Tampereen ammattikorkeakoulussa konetekniikassa suuntautumisvaihtoehtoja on useampi. Suuntautua voi tuotekehitykseen, koneautomaatioon, tuotantotekniikkaan, älykkäisiin koneisiin tai lentokonetekniikkaan. Robotiikkaa opetetaan koneautomaation suuntautumisvaihtoehdossa, 3. lukuvuoden keväällä ja se on laajuudeltaan 5 opintopistettä. Opintojaksolla osaamistavoitteisiin liittyy asioita muun muassa robottien rakenteesta ja toiminnasta, ohjelmoinnista, digitalisaation vaikutusten soveltamisesta prosesseihin sekä kestävän kehityksen merkityksestä robotiikassa tai siihen liittyvissä sovellutuksissa. Opintojaksoilla teorian lisäksi suoritetaan simulointi- ja laboratorioharjoituksia. (TAMK Opetussuunnitelmat)

Jyväskylän ammattikorkeakoulussa robotiikkaa opetetaan sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelmassa sekä konetekniikan koulutusohjelmassa. Konetekniikassa robotiikka sisältyy valmistusautomaation kurssiin, jossa myös opiskellaan NC-tekniikkaa ja sen ohjelmointia. Tämä opintojakso on kokonaisuudessaan 5 opintopistettä laaja ja se sijoittuu ajallisesti 3. lukuvuoden syksylle. Robotiikasta tässä opintojaksossa opiskellaan perusteet ja ohjelmointi. Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelmassa robotiikalle on oma opintojakso, joka on 5 opintopisteen laajuinen ja sijoittuu 2. lukuvuodelle. Opintojaksolla

olevien osaamistavoitteiden mukaan opiskelijan tulisi tuntea esimerkiksi robotin rakenteita, ohjelmoinnin sekä simuloinnin. Sisältö opintojaksolla on seuraavanlainen:

- *Robottiikan perusteet*
- *Robottien ohjelmointi*
- *Robottien aistit*
- *Sovelluskohteet*
- *Liitynnät muihin laitteisiin ja järjestelmiin*
- *Työkalut*
- *Turvallisuus ja yhteistyörobottiikka*
- *Robotti osana solua*

(JAMK Opetussuunnitelmat 2017)

3.3 Robottiikan opintojakso SeAMK:ssa

Robottiikan opintojakson osa-alueisiin SeAMK:ssa haettiin tietoa asiantuntijahaastattelulla sekä etsimällä viimeisintä tietoa SeAMK:n verkkosivuilta. Robottiikan opintojaksoa SeAMK:ssa opettaa yksi opettaja ja sen sisältö kietoutuu nimenomaan teollisuusrobottien ympärille. Robottiikan opintojakso kuuluu automaatiotekniikan-, konetekniikan sekä bio- ja elintarviketekniikan opintosuunnitelmiin. Automaatiotekniikassa suuntautumisvaihtoehtoja ovat koneautomaation ja sähköautomaation suuntautumisvaihtoehto, joissa molemmissa opetetaan robotiikkaa 3. lukuvuotena. Konetekniikassa on myös kaksi suuntautumisvaihtoehtoa, auto- ja työkonetekniikka sekä kone- ja tuotantotekniikka, joista kone- ja tuotantotekniikassa robotiikkaa opetetaan valinnaisena ammattiopintona. Valinnaisissa ammattiopinnoissa opiskelija valitsee kolmen ammatillisen moduulin joukosta sen, joka vastaa hänen suuntautumisensa parhaiten. Moduulit ovat teknillisen mekaniikan moduuli, materiaalisuunnittelun moduuli ja automaatiojärjestelmien moduuli, joista jälkimmäiseen sisältyy robotiikan opintojakso. Kone- ja tuotantotekniikassa robotiikan opintojakso sijoittuu 4. lukuvuoteen. Bio- ja elintarviketekniikan opiskelijoille robotiikka on vapaasti valittava opinto, tosin robotiikkaa sisällytetään hieman jo automaatiotekniikan kurssiin. Bio- ja elintarviketekniikan opiskelijoille opetetaan automaatiotekniikkaa 3. lukuvuoden syksyllä ja robotiikkaa keväällä. (SeAMK opetussuunnitelmat 2017)

Pakkasen (2018) mukaan robotiikkaa ei nähdä tarpeelliseksi opettaa muille koulutusohjelmille tässä muodossa. Yhteistyö- ja mobiilirobotit muuttavat tilannetta siten, että saatTAISI olla myös järkevää opettaa robotiikkaa esimerkiksi sosiaali- ja terveysalan opiskelijoille. Opintojakson sisältö on kaikille koulutusohjelmille samankaltainen. Sisällön eri aihealueita painotetaan eri tavalla, koska itse eri koulutusohjelmilla on erilaisia vahvuusalueita valmiiksi ennen kurssia. Esimerkiksi automaatiotekniikan opiskelijat ovat useasti osittain perillä ohjelmointiin, robotin kommunikointiin ja anturointiin liittyvistä asioista. Kone- ja tuotantotekniikan opiskelijoille ennen robotiikan kurssia opetetaan automaation

perusteet ja anturitekniikkaa, jossa muun muassa käydään läpi koneautomaatiossa käytettävät perusanturit. Bio- ja elintarviketekniikan opiskelijoille perustietämys automaatiosta opetetaan automaatiotekniikan kurssilla, jonka sisältö on hyvin samankaltainen kuin kone- ja tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehdossa käytävä automaatiotekniikan perusteet, painottuen kuitenkin kappaletavara- ja prosessiautomaatioon.

Opintojaksolla käydään läpi:

- Teollisuusrobotin määritelmä ja eri teollisuusrobotityypit
- Mekaaninen rakenne (myös sisäinen rakenne, 6-akselisen robotin osalta)
- Ohjauskaapin sisältö ja liitännät
- Käyttöpaneeli ja painikkeet
- Robotisoinnin tavoitteet ja eri robotityyppien käyttökohteet
- Robotin työkalut
- Robotin koordinaatistot, suora- ja käänteiskinematikka
- Robottien komennot, ohjelmarakenne ja ohjelmointi
- Robottijärjestelmän hankinta
 - Tarpeen määrittely
 - Kustannukset
 - Menetelmäkokeet
 - Layout
 - Simulointi
 - Hankintamenettely
 - Riskit
- Yhteistyörobotiikka
 - Yhteistyötyypit
 - Yhteistyörobotiikan tarve
 - Standardien määrittelyt
 - Esimerkkejä yhteistyösoluista (videot)
 - Riskit
- Simulointi harjoitukset ABB Robotstudiolla
 - Liikeradat
 - Kommunikaatio
 - Työsyklit
 - Ohjelmakutsut
- Laboratorioharjoitukset Fanuc, Motoman ja ABB roboteilla
 - Kappaleen käsittely
 - Hitsaus
 - Lavaus
 - I/O kommunikaatio

Kinematikassa ei mennä syvemmin laskentaan, vaan katsotaan läpi periaatteet, miten roboti käsittelee liikkumisen 3D maailmassa. Robottijärjestelmän hankinnassa käydään läpi prosessi, jossa määritellään robotin tarve ja sen hankintaprosessi. Simulointiharjoituksia tehdään 4-5 kappaletta, joissa opiskelija oppii myös käyttöpaneelin käyttöä. Yh-

teistyörobotiikka on tullut teoriaosuuteen mukaan vuoden 2017 syyslukukaudella. Kokonaisuudessaan yhteistyörobotiikan läpikäymiselle ei jää kovin paljon aikaa. Laboratorioharjoituksissa ryhmiä on yleensä 4 kpl, joissa on 3-5 opiskelijaa. Tämä on vaativaa opettajalle, koska robotit ovat ripoteltuina kampusalueelle ja ryhmät saavat vain vähän opettajan ohjausta harjoituksissa. Tähän pulmaan on luotu robottikohtainen pikaohje, joka opastaa peruskomentojen tekemisessä. Harjoituksissa käytetyt robotit ovat 6-akselisia teollisuusrobotteja. Simulointi- ja laboratorioharjoitusten osuus kurssista on noin 60%. Osaamisen arviointi tehdään tentillä, joka on kaksi osainen: teoria ja ohjelmointi. Näistä ohjelmointiosuus tehdään tietokoneella, ABB Robotstudio ohjelmistoa käyttäen. Ohjelmointi aiheuttaa selvästi eniten uusintoja tämän kurssin osalta ja on opettajan kannalta hankalin, koska uusintaan on aina oltava tietokonealuokka. Robotiikan opintojakso on haaveiltu olevan kahdessa osassa. Asiaa on niin paljon ja robotiikka on niin sanotusti perusosaamista automaatiotekniikan ja konetekniikan opiskelijoille, joten esimerkiksi perusteet esittelevä opintojakso voisi tulla aikaisemmin ja syventävä myöhemmin. Yhteistyörobotiikka, sisältäen mobiilirobotit, tarvitsisi oman opintojaksonsa, jota mahdollisesti voisi opettaa myös muille koulutusohjelmille. (Pakkanen, J. Haastattelu 4.5.2018)

3.4 Opetussuunnitelmien vertailu

Robotiikan opintojaksoista löytyi vaihtelevasti tietoa eri ammattikorkeakoulujen opintosuunnitelmista. Monessa tapauksessa robotiikka on sisällytetty johonkin isompaan opintokokonaisuuteen, jossa esimerkiksi opiskellaan myös NC-tekniikkaa tai työkalu- ja mitaustekniikkaa, jolloin opintopistemäärä liikkuu 3-15 opintopisteen välillä. Osasta opintosuunnitelmia ei löytynyt varsinaisia osaamisalueita tai ne oli esitetty hyvin ympäripyöreästi, tämä hankaloittaa vertailua ammattikorkeakoulujen kesken. Taulukossa 3 on vertailtu eri ammattikorkeakoulujen robotiikan opintojaksojen sisältöjä, opintosuunnitelmista löytyneiden tietojen perusteella.

HAMK:n, OAMK:n ja Savonia AMK:n kohdalla osaamisalueita ei oltu eritelty, jonka vuoksi niiden vertailu on miltei mahdotonta ilman lisäselvityksiä. Suurimmassa osassa ammattikorkeakouluja robotiikan opintojakso on 5 opintopisteen suuruinen. Yhdessäkään opintosuunnitelmassa ei oltu huomioitu mobiilirobotiikkaa ja yhteistyörobotiikkaa ei monessakaan tapauksessa mainittu. Opintosuunnitelmien kuvaukset tosin voivat olla puutteellisesti kuvailtu, joka vaikeuttaa vertailujen tekemistä ilman tarkempaa opintojakson vastuupettajan haastattelua.

Taulukko 3 Ammattikorkeakoulujen robotiikan opintojakson osaamisalue vertailu

	HAMK	OAMK	Metropolia	KAMK	VAMK	Savonia AMK	LAMK	SAMK	TAMK	JAMK	SeAMK
Robottien eri tyypit ja rakenteet			x	x	x		x	x	x		x
Robottien ohjelmointi			x	x	x		x	x	x	x	x
Robotti sovellukset			x	x	x		x	x		x	x
Työkalut ja tarttajat			x	x						x	x
Aistinjärjestelmät ja anturit			x	x						x	
Robottijärjestelmien turvallisuus			x	x	x					x	
Oheislaitteet					x						
Robottien liittäminen muihin järjestelmiin				x						x	
Yhteistyörobotiikka										x	x
Automaation huomoiva tuotesuunnittelu			x								
Robottijärjestelmän suunnittelu			x					x		x	x
Mobiilirobotiikka											
Laaajuus	15	10	5	3	5	5	5	5	5	5	4
Osa isompaa opintojaksoa	x	x				x				x	

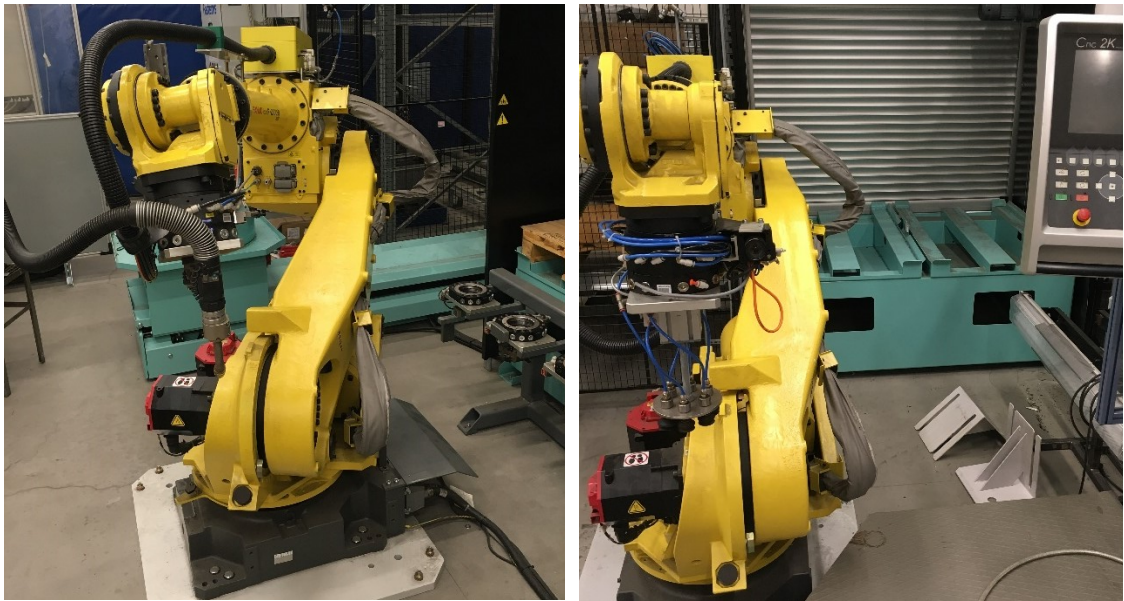
SeAMK:n opintosuunnitelman sisältämät osaamisalueet ovat samoja kuin useimmissa ammattikorkeakouluissa, mutta se on opintopistemäärältään pienempi pois lukien Kaunu- ja Satakunnan AMK:t (jos valitsee pelkän perusopintojakson robotiikasta). Tämä tarkoittaa, että sisältöä SeAMK:n opintojaksossa on, mutta se opetetaan pienemmällä tuntimäärällä mitä muissa ammattikorkeakouluissa.

3.5 Oppimisympäristöt SeAMK:ssa

SeAMK on monialainen ammattikorkeakoulu, joka pyrkii mahdollistamaan opiskelun moderneissa tiloissa. Tämä näkyy esimerkiksi uusina laboratoriotiloina ja laitteistoina, kuin myös uusina rakennuksina. Laboratorioiden lisäksi Seinäjoen ammattikorkeakoulusta löytyy perinteisiä luokkahuoneita, itseopiskelutiloja ja ATK-luokkia. Vuonna 2018 on myös valmistunut kampustalon laajennus, joka tuo miltei kaikki ammattikorkeakoulun opiskelijat pääkampusalueelle. Keskittymä jatkaa kasvuaan, kun bio- ja elintarvikelaboratorio muuttaa Framin alueelle ja agrologi opiskelijat saapuvat kokonaisuudessaan kampukselle. SeAMK käyttää aktiivisesti verkko-opetusympäristö Moodlea.

Teollisuusrobotteja SeAMK:ssa on 8 kappaletta. Kolme robottia on sijoitettu kone- ja tuotantotekniikan laboratorioon, 2 automaatiotekniikan laboratorioon ja 3 yhteistyörobotia, joista yksi on mobiilirobotti ovat liikuteltavissa eri paikkoihin tarpeen mukaan.

Kone- ja tuotantotekniikan laboratoriossa on kaksi Fanuc R2000iB robottia, joiden käsittelykyky on 165kg ja vuosimalli 2007. Molemmissa roboteista on Schenk tarttujanvaihtolaippa, jonka avulla voidaan tarttujaa vaihtaa helpommin. Molemmilla roboteilla on myös FMS liityntä. Toisessa robotissa hitsausvarustus (Kuva 15), mutta sitä myös käytetään kappaleenkäsittelyyn. Robotilla voidaan syöttää pyörivää koneistuskiinnitintä, joka on robotin ohjaama hydraulinen kiinnitin. Toinen robotti on varattu vain kappaleen käsittelyyn ja se kommunikoi myös särmäyspuristimen kanssa. Robottiin on varusteltuna Sony XC-56 konenäkökamera, levynpaksuusanturi sekä etäisyysanturi. (Yli-Suomu, J. Haastattelu 7.5.2018)



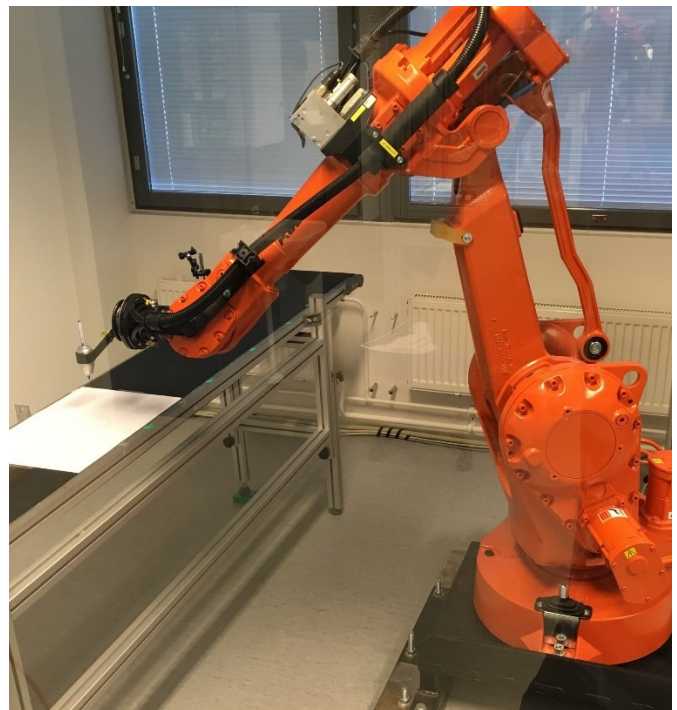
Kuva 15 Kone- ja tuotantotekniikan laboratorion Fanuc robotit

Laboratoriosta löytyy myös portaaliradalla kulkeva ABB IRB2400, jonka käsittelykyky on 12kg ja vuosimalli 2004 (Kuva 16). Robotissa on työkoneliityntä Dahlih NC jyrsimään ja portaalirata mahdollistaa kahden työstökoneen syöttämisen. (Yli-Suomu, J. Haastattelu 7.5.2018)

Automaatiotekniikan robotiikan laboratoriossa on 2 robottia (Kuva 17), joiden valmistajat ovat Motoman ja ABB (Pakkanen, J. Haastattelu 4.5.2018).



Kuva 16 Portaaliradalla liikkuva ABB robotti



Kuva 17 Motoman ja ABB robotit robotiikan laboratoriossa

Robotiikan laboratorioon on hankittu vuoden 2018 loppukesästä mobiilirobotti, liittyen Mixed Reality and Collaborative Robots -projektiin. Kyseessä on Omron:n valmistama itsestään navigoiva ja ympäristöään kartoittava robotti, malliltaan LD-90 (Kuva 18). Robotin kantokyky on 90kg ja se voi kuljettaa kuormaa 1,35m/s nopeudella sekä kääntyä 180°/s. Robotti itsessään painaa 62kg ja sen IP-luokitus on 20, joten se ei sovi ulkokäyttöön. Robotin sijainnin toisto tarkkuus on perusvarustelulla paikannuksen osalta $\pm 100\text{mm}$

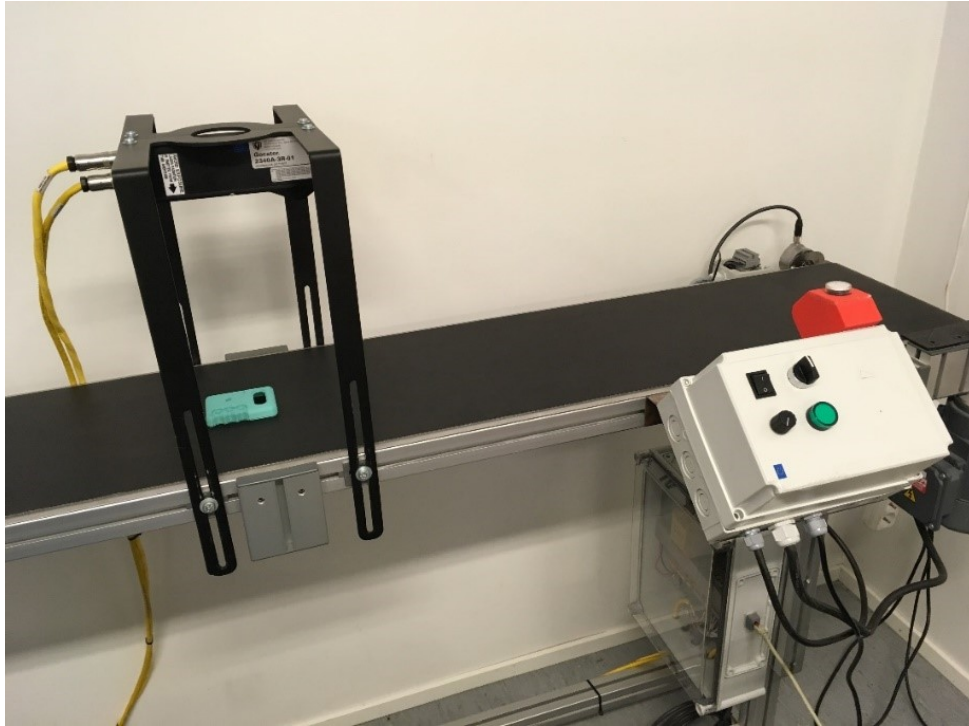
ja kierron osalta $\pm 2^\circ$. Robotti noudattaa turvallisuusstandardeja EN1525, JIS D6802 ja ANSI B56.5. Ympäristön skannaukseen tarkoitettu laser skanneri on robotin etuosassa ja se on PLd luokittelultaan ISO13849-1 standardin mukainen. Se skannaa 240° viuhkalla maksimissaan 15m etäisyydellä olevat esteet.

Robottiikan laboratoriosta löytyy myös 2 kappaletta yhteistyörobotteja, jotka myös ovat Mixed Reality and Collaborative Robots -projektin investointeja. Robotteihin on hankittu muutama erilainen tarttuja, konenäkökamera sekä voimaohjauksen mahdollistava anturointi. Roboteilla on tarkoitus tehdä demoympäristöjä yritysten toiveiden mukaisesti, joilla saadaan ajettua teknologian hyötyjä ja käyttöä enemmän teollisuuden tietoisuuteen.

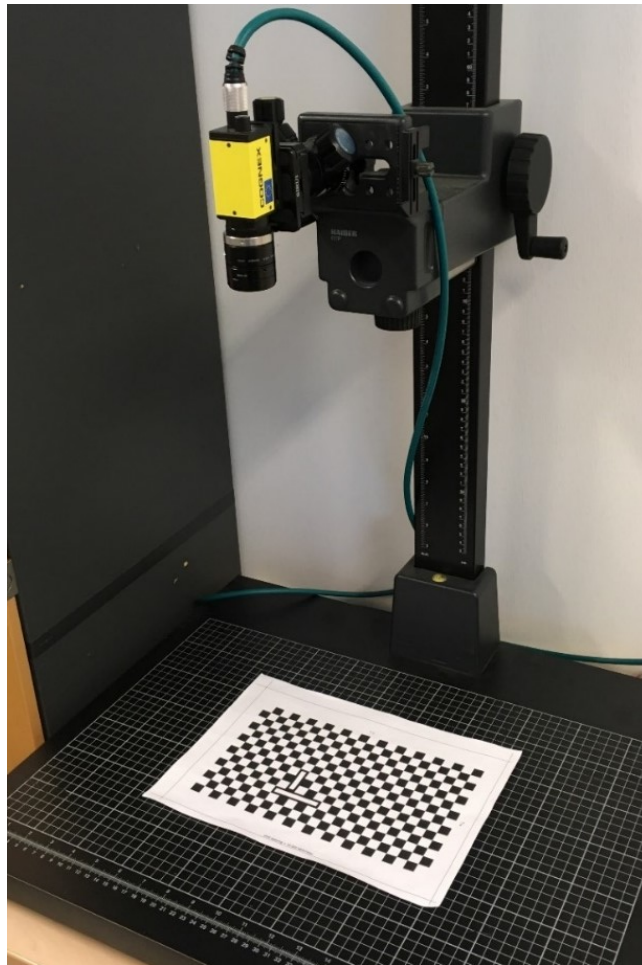


Kuva 18 Omron LD-90 mobiilirobotti

Yksi osa-alue robotiikassa, joka on noussut esille, on konenäön ja robotin yhteistyö. Tutkimuksen teon hetkellä konenäön ja robotiikan yhteistyötä ei esitellä demolla tai muuten käydä opintojaksoilla läpi. SeAMK:n materiaalitekniikan laboratoriossa on käytettävissä viivaskanneri, jolla voidaan tunnistaa eri kuvioita ja muotoja (Kuva 19). Laboratoriossa on myös 2 harmaasävykameraa ja 2 värikameraa, joista toinen kuvassa 20 esitelty kamera on älykamera. Hankittuna on myös valaisin kokoelma, jolla voidaan esitellä eri valaistuksen vaikutusta konenäkökameran kuvaan. Näitä asioita käydään läpi erillisellä konenäön kurssilla, jota pidetään automaatiotekniikan molemmille suuntautumisvaihtoehdoille. (Luomanmäki, T. Haastattelu 16.5.2018)



Kuva 19 Viivaskanneri materiaalitekniikan laboratoriossa



Kuva 20 Cognex konenäkökamera materiaalitekniikan laboratoriossa

4. TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

4.1 Haastattelut

Kyselyhaastattelun jakelu tapahtui Suomen Robotiikkayhdistyksen LinkedIn yhteisön kautta sekä sähköpostijakelulla SeAMK Tekniikan hankkeiden yhteistyökumppaneille, yhteensä 418 osoitteeseen. Kyselyyn vastasi 26 henkilöä. Keskimäärin kyselyn täyttämiseen meni 13 minuuttia ja 22 sekuntia. Suurin osa vastaajista oli yrityksistä, joiden henkilöstön määrä oli 10-50 henkilöä (Kuva 21). Huomattava osa vastaajista oli kokoluokaltaan suurista yrityksistä (yli 250 henkilöä).



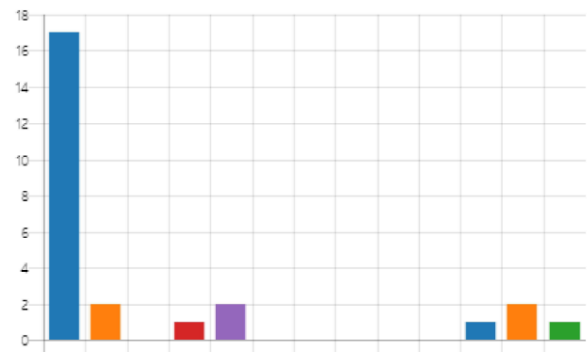
Kuva 21 Henkilöstömäärän jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken

Vastanneiden päätoimialat painottuivat vahvasti kone- ja metalliteollisuuteen. Teollisuusrobotteja vastaajilla oli käytössään useimmiten 1-5 kappaletta tai ei ollenkaan. Neljässä yrityksessä robotteja oli 6-15 kappaletta ja vastaavasti neljässä niitä oli yli 15 kappaletta (Kuva 22). Vastaajia löytyy myös elektroniikka- ja sähköteollisuudesta, elintarviketeollisuudesta, kemianteollisuudesta ja ajoneuvoteollisuudesta (Kuva 23). Sijainti kyselyhaastatteluun vastaajalla oli yleisimmin Etelä-Pohjanmaa. Tämä on hyvä asia, koska Seinäjoen ammattikorkeakoulusta valmistuneiden työllistyminen sijoittuu pääosin tälle alueelle. Vastauksia tuli myös Keski-Pohjanmaalta, Pohjanmaalta ja Uudeltamaalta (Kuva 24).



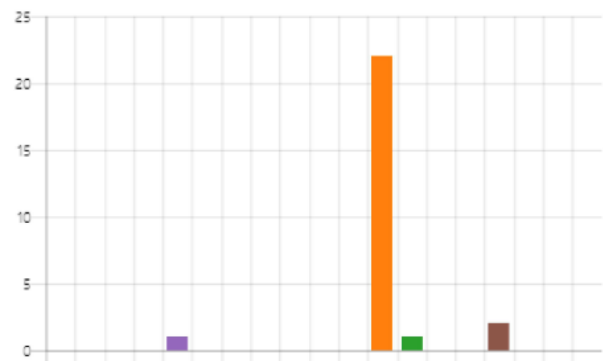
Kuva 22 Robottien määrän jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken

Kone- ja metalliteollisuus	17
Elektroniikka- ja sähköteollisuus	2
Metsäteollisuus	0
Elintarviketeollisuus	1
Kemianteollisuus	2
Metallien jalostus	0
Kaivostoiminta	0
Tekstiili- ja vaateteollisuus	0
Sähkö-, kaasu- ja vesihuolto	0
Huonekaluteollisuus	0
Ajoneuvoteollisuus	1
Muu tehdasteollisuus	2
Ei mikään näistä / en tiedä	1



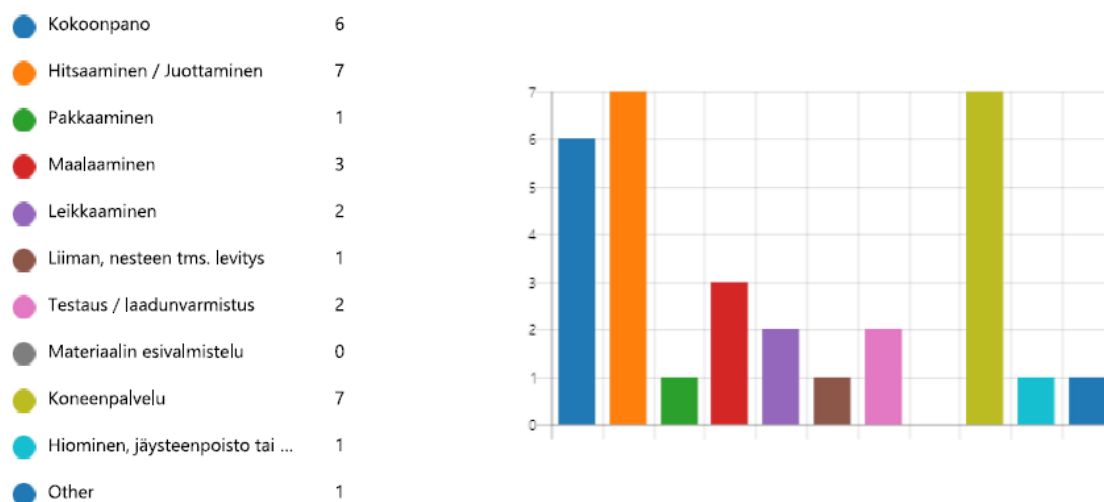
Kuva 23 Päätoimialan jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken

Etelä-Karjala	0
Kanta-Häme	0
Kymenlaakso	0
Päijät-Häme	0
Uusimaa	1
Etelä-Savo	0
Pohjois-Karjala	0
Pohjois-Savo	0
Lappi	0
Satakunta	0
Varsinais-Suomi	0
Etelä-Pohjanmaa	22
Keski-Pohjanmaa	1
Keski-Suomi	0
Pirkanmaa	0
Pohjanmaa	2
Kainuu	0
Pohjois-Pohjanmaa	0
Ahvenanmaa	0



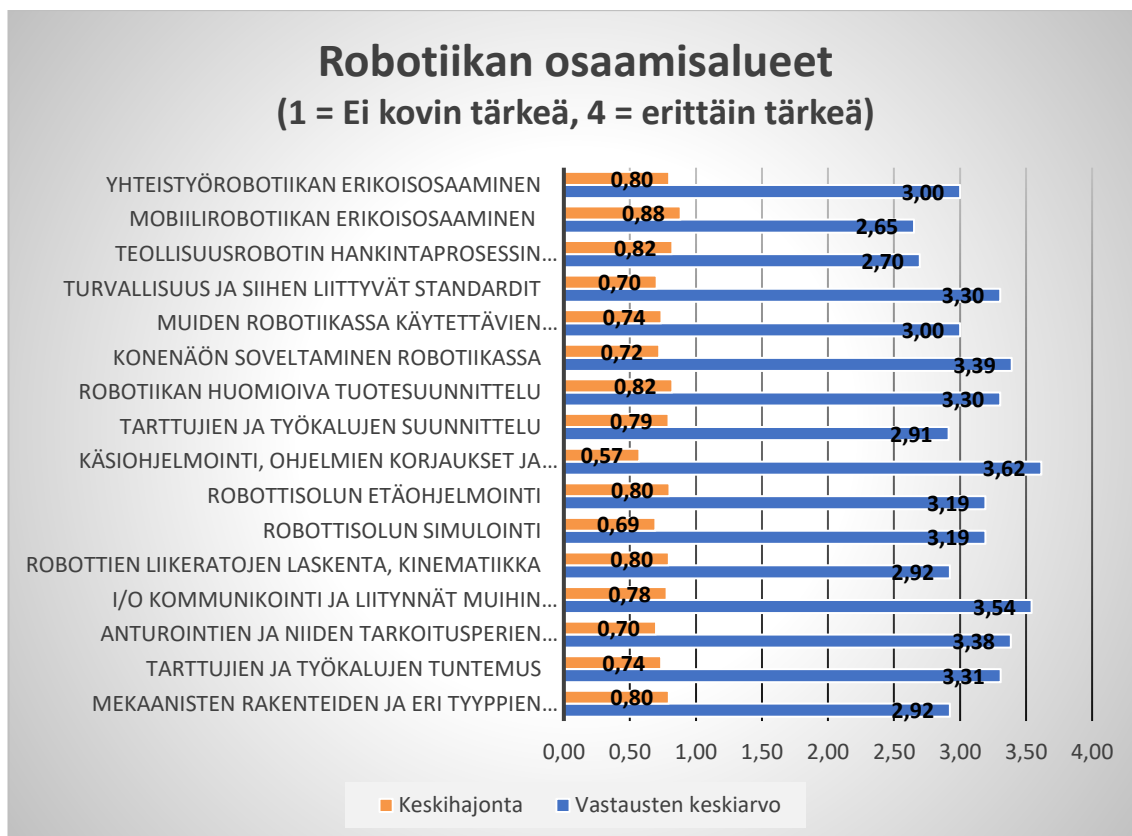
Kuva 24 Vastanneiden yritysten sijainnin jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken

Kyselyyn vastanneiden yrityksissä yhteistyörobotteja oli 15% (4) ja muita robotteja oli noin 42% (11) vastanneista. Kyselyssä selvisi, että useimmiten robotti työskentelee hitsaamis- tai juottamistehtävissä, koneenpalvelussa tai kokoonpanossa. Muita töitä missä robotteja tapaa ovat maalaaminen, leikkaaminen, testaus/laadunvarmistus, liiman tai nesteen levitys, pakkaaminen sekä hiominen/jäysteenpoisto (Kuva 25).



Kuva 25 Robottien tehtävien jakautuminen kyselyhaastatteluun vastanneiden kesken

Kysymykset 9-13 koskivat yritysten näkemystä tarvittavista opiskelijoiden kompetensseista heidän valmistuttuaan. Kuva 26 esittää kaikkien vastausten keskiarvoa ja vastausten keskihajontaa. Eniten arvoa yritykset antoivat käsiohjelmoinnin, ohjelmointien korjausten ja muutosten osaamiselle. Tämä sinänsä on ymmärrettävää, koska tuotteiden, oheislaitteiden tai työkalujen muutosten yhteydessä ohjelmia joudutaan muuttamaan vastaamaan muuttunutta ympäristöä. Tämän osaamisen omaavan työntekijän omistaminen parantaa reagointikykyä yrityksissä, kun tuotantoon tehdään pieniä muutoksia. Myös ymmärrys muutosten laajuudesta on helpompi käsittää, kun ohjelmoinnin perusteet ovat hallinnassa. Seuraavaksi parhaimman keskiarvon sai I/O kommunikoinnin muiden järjestelmien liityntöjen ymmärtäminen. Tämä liittyy hieman myös ohjelmoinnin osaamiseen ja sen muutosten tekemiseen. Jos tuotantoon liitetään esimerkiksi uusi oheislaitte tai sellainen halutaan tulevaisuudessa investoida, tulee robotin kommunikoinnin mahdollisuudet hallita. Kolmanneksi parhaimman keskiarvon sai konenäön soveltaminen robotiikassa. Miltei saman keskiarvon sai anturointi ja niiden tarkoituksien tuntemus. Konenäkö on Hyvösen (2018) mukaan jo erittäin yleistä robotiikassa ja sen tuntemus tätä kautta myös erittäin tärkeää. Tämän vahvistivat myös tähän kyselyyn vastanneet. Anturointi ja niiden tarkoituksien tuntemus liittyy myös jonkin verran konenäköön robotiikassa, onhan konenäkö myös eräänlainen anturointi, näköelin, jonka tarjoaman datan avulla voidaan suorittaa esimerkiksi erilaisia mittauksia. Sijoilla 6,7 ja 8 olevat osaamisalueet olivat keskiarvoltaan miltei samat.



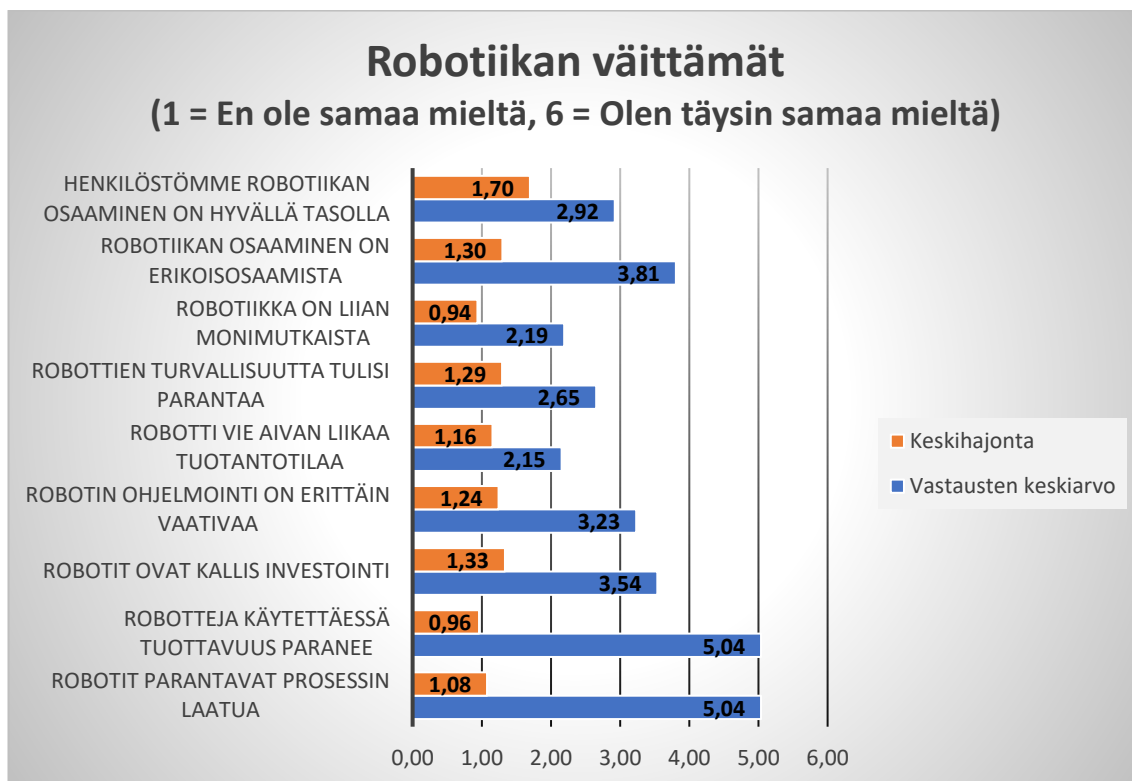
Kuva 26 Yritysten näkemys tarvittavista kompetensseista

Kyseessä ovat tarttujien ja työkalujen tuntemus, robotiikan huomioiva tuotesuunnittelu sekä turvallisuus ja siihen liittyvät standardit. Robotiikan soveltaminen eri käyttötarkoituksiin tarkoittaa, että työkalut (mukaan lukien tarttumat) mitä robotissa voidaan käyttää ja kuinka ne vaikuttavat esimerkiksi robotin liikkumiseen, ovat tärkeitä osia. Jotta robotiikkaa voidaan soveltaa mahdollisimman laajasti, tulee tuotteet olla käsiteltävissä niillä. Tässä astuu kuvaan robotiikan huomioiva tuotesuunnittelu (DFM). Vastaajien mielestä vähemmän tärkeää valmistuneen on osata tai tuntea mobiilirobotiikkaa, hankintaprosessia, tarttujien ja työkalujen suunnittelua, kinematiikkaa sekä mekaanisia rakenteita tai tyyppisiä. Keskiarvossa näiden ääripäiden väliin sijoittuu robottisolun etäohjelmointi, robottisolun simulointi, yhteistyörobotiikan erikoisosaaminen sekä muiden robotiikassa käytettävien oheislaitteiden tuntemus. Yhdestä asiasta suurin osa vastaajista oli samaa mieltä, käsiohjelmointi, ohjelmien korjaukset ja muutokset on erittäin tärkeä kompetenssi osana. Keskiarvo tällä vastauksella oli paras (3,62) ja sen keskihajonta oli myös pienin (0,57).

Kyselyssä kysyttiin myös osallistujilta, onko heidän mielestään muita tärkeitä osa-alueita tai osa-alueita, joiden painottaminen olisi kyseenalaistettava. Vastaajien mielestä tärkeitä osa-alueita on niin robotiikassa, kuin sen ympärille rakentuvassa tuotannossa. Suoraan robotteihin liittyviä tärkeiksi koettuja osa-alueita oli kinematiikan tuntemus, robotiikkaan liittyvä kommunikointi sekä eri valmistajien ja tyyppisten robottien ohjelmointi. Itse pro-

sessiin ja/tai tuotantoon liittyviä tärkeitä osa-alueita mainittiin yleinen automaatiotuntemus ja toimilaitetuntemus, eri valmistusprosessien tuntemus, tuotesuunnittelu sarjatuotannon näkökulmasta sekä materiaalivirtojen ymmärtäminen. Myös innovatiivisuutta ongelmien ratkaisussa painotettiin.

Kyselyhaastattelun kysymykset 14-17 tiedustelivat osallistujien mielipiteitä robotiikasta ja tekoälyn käyttämisessä teollisuusrobotiikassa. Kuva 27 esittää keskiarvot kaikkien vastausten kesken sekä vastausten keskihajonnan. Jos keskiarvo on pieni, ovat vastaajat olleet eri mieltä väittämän kanssa, vastausten ollessa pisteytetty 1-6 välillä.



Kuva 27 Esitettyjen väittämien keskiarvot ja keskihajonta

Mielipiteisiin perustuvat kysymykset odotetusti aiheuttivat hajontaa vastauksissa. Keskiarvon perusteella robottien käyttö parantaa tuottavuutta ja prosessin laatua. Robotiikkaa ei koettu kovin monimutkaiseksi tai että se veisi paljoa tuotantotilaa. Robottien turvallisuus koettiin suhteellisen hyväksi. Mielipiteitä jakoi henkilöstön robotiikan osaaminen sekä se onko robotiikan osaaminen erikoisosaamista, ohjelmoinnin vaativuus ja se onko robotin hankkiminen kallis investointi. Eniten mielipiteitä jakoi henkilöstön robotiikan osaaminen, jossa keskihajonta oli suurin (1,7). Eniten samaa mieltä vastaajat olivat siitä, että robotiikka ei ole liian monimutkaista. Kysymyksen keskihajonta oli (0,94), joka oli väittämistä alhaisin. Toiseksi alhaisin keskihajonta oli väittämällä: robotteja käytettäessä tuottavuus paranee, jonka keskihajonta oli 0,96. Tekoälyn liittyvään lisäkysymykseen suhtauduttiin pääosin positiivisesti. Osa jopa odotti tekoäly sovelluksia, jotta esimerkiksi

robotiikan käyttöön tulisi uusia ulottuvuuksia sekä jo nykyisin käytettävät sovellukset tulisivat paremmiksi ja osaisivat itse optimoida työtään. Moni vastaajista suhtautui tekoälyyn maltillisesti ja odottaa kyllä tekoälyllisten sovellusten tulemistä, muttei lähitulevaisuudessa.

Teemahaastatteluiden kohteisiin kuului robottien jälleenmyyjä, yritys, joka hyödyntää robotteja laajemmin sekä yritys, jonka tuoteperheeseen kuuluu robottisovelluksia. Robottien käyttökohteet yrityksissä olivat monipuolisia. Robotteja löytyi koneenpalvelusta, maalaamosta ja hitsauksesta, yksi yrityksistä myös asentaa robotteja erilaisiin sovelluksiin. Yhteistyörobotteja kyseessä olevista yrityksistä ei löydy, kuten niitä ei juurikaan löydy Etelä-Pohjanmaan alueelta muualtakaan. Perinteisissä roboteissa oheislaitteina oli esimerkiksi konenäkökameroita ja työkaluina maaliruiskuja, tarttujia sekä hitsauspäitä. Kiinnostusta yhteistyörobotiikkaan yrityksistä löytyy. Siinä erityisesti kiinnostavat asiat ovat sen joustavuus ja liikuteltavuus erilaisiin tehtäviin. Liikuteltavalla yhteistyörobotilla tuotannon kuormitusta voitaisiin säädellä liikuttamalla robotti sinne, missä kuormitusta on enemmän. Yhteistyörobotiikkaa voisi myös käyttää tuotannossa, mutta esteenä sille oli, ettei tuotteita oltu suunniteltu siten, että ne voitaisiin robotisoida järkevästi. Esille nousi myös liimojen ja massojen levitys, joka voitaisiin myös robotisoida. Tämä tehtävä olisi hyvinkin soveltuva yhteistyörobotille. Muut tarvittavat sovellukset tai demot, joita haastatteluissa yhteistyörobotiikan osalta nousi esiin, olivat ruuvien ruuvaus, kappaleenkäsittely ja hiominen, erityisesti hiontaratojen tallentaminen. Muita mielenkiintoisia ajatuksia yhteistyörobotiikan osalta, oli käyttää sitä muistamisen työkaluna. Jos kokoonpantavana on monimutkainen kone tai kappale, joka vaatii oikean työjärjestyksen, voisi yhteistyörobotti kertoa järjestyksen ojentamalla työntekijälle oikean kappaleen.

Kaikki yritykset pitivät haasteena yhteistyörobotiikan osalta tiedon puutetta. Esille nousi kysymys mitä yrityksen pitää tietää hankkiessaan yhteistyörobottia ja tuotannon työntekijöiden robotiikan osaamista pidettiin esteenä niiden hankkimiselle. Yritykset suhtautuvat robotiikkaan ja yhteistyörobotteihin kuitenkin positiivisesti. Jos robotisoinnille on perusteita, niitä luultavimmin myös hankitaan. Robotisointi on herättänyt kaikissa tapauksissa epäluottamusta tuotannon työntekijöissä. Kuitenkin kun robotti on aikansa tehnyt työtään, on myös muutosten vastaisuus pienentynyt ja tuotannosta on kuulunut kommentteja ”miksei tuota toistakin vaihetta ole jo automatisoitu?”. Yksi yrityksistä on mukana mobiilirobotiikan käyttöä tutkivassa hankkeessa ja on hankkimassa mobiilirobotteja haarrukkatrukkien muodossa lähitulevaisuudessa.

4.2 Robotiikan osaamisalueet ja opintojakso

Robotiikan osa-alueista tärkeimmäksi keskiarvonsa perusteella (Kuva 28) nousi mekaniikka, toiminta ja oheislaitteiden tuntemus. Toisena ja keskiarvonsa puolesta hyvin lähellä ensimmäistä tilaa, on ohjelmointi ja liikeradat. Kolmanneksi keskiarvonsa perusteella tuli robotiikkaa tukeva suunnittelu ja heikoimman keskiarvon sai hankinta, turvallisuus sekä erikoistapausten osa-alue.

Osa-alueet	Keskiarvo	Keskihajonta
Käsiohjelmointi, ohjelmien korjaukset ja muutokset	3,62	0,57
I/O kommunikointi ja liittynät muihin järjestelmiin	3,54	0,78
Konenäön soveltaminen robotiikassa	3,39	0,72
Anturointien ja niiden tarkoitusperien tuntemus	3,38	0,70
Tarttujen ja työkalujen tuntemus	3,31	0,74
Turvallisuus ja siihen liittyvät standardit	3,30	0,70
Robotiikan huomioiva tuotesuunnittelu	3,30	0,82
Robottisolun simulointi	3,19	0,69
Robottisolun etäohjelmointi	3,19	0,80
Muiden robotiikassa käytettävien oheislaitteiden tuntemus	3,00	0,74
Yhteistyörobotiikan erikoisosaaminen	3,00	0,80
Mekaanisten rakenteiden ja eri tyyppien tuntemus	2,92	0,80
Robottien liikeratojen laskenta, kinematiikka	2,92	0,80
Tarttujen ja työkalujen suunnittelu	2,91	0,79
Teollisuusrobotin hankintaprosessin tuntemus	2,70	0,82
Mobiilirobotiikan erikoisosaaminen	2,65	0,88

	Sävyt	Keskiarvo
Mekaniikka, toiminta ja oheislaitteiden tuntemus		3,29
Ohjelmointi ja liikeradat		3,23
Robotiikkaa tukeva suunnittelu		3,15
Hankinta, turvallisuus sekä erikoistapaukset		2,91

Kuva 28 Osa-alueiden keskiarvot sekä keskihajonnat

Parhaiten siis yksittäisistä osaamisalueista pärjasi käsiohjelmointi, ohjelmien korjaukset ja muutoksien osaaminen. Mekaniikan osa-alueesta parhaiten pärjasi I/O kommunikointi ja liittynät muihin järjestelmiin, Robotiikkaa tukevasta suunnittelun osa-alueesta konenäön soveltaminen robotiikassa ja hankinta, turvallisuus sekä erikoistapaukset osa-alueesta turvallisuus ja siihen liittyvät standardit.

Robotiikan opintojakso on nykytilassaan 4 opintopisteen laajuinen kokonaisuus. Se tarkoittaa siis opetustunneissa noin 27 tuntia opetusta, joista puolet lähiopetusta, yhtä opintopistettä kohden. Eli kokonaisuudessaan opintojaksolla voi olla noin 54 tuntia lähiopetusta ja noin 54 tuntia opiskelijoiden itsenäistä opiskelua. Tällä tavoin laskettuna yhdelle osaamisalueelle jää hieman reilu 3 tuntia, joka on huomattavan lyhyt aika. Tällöin esimerkiksi ohjelmoinnin osaamisalueen oppiminen voi vaarantua. Tämän vuoksi nykyisellään opintojaksoa on vahvasti painotettu ohjelmoinnin opetteluun, mutta se tarkoittaa

muiden osaamisalueiden mahdollisesti kärsivän painottamisesta. Yksi ratkaisu tähän on puolittaa osa-alueiden oppiminen kahteen eri opintojaksoon. Yrityksille tärkeiden osa-alueiden opettaminen voisi sijoitetaan opintojaksolle, joka kuuluu perusopintoihin kaikissa koulutusohjelmissa, jotka sitä saattavat tarvita. Tutkimuksen tekohetkellä koulutusohjelmat, joiden voisi ajatella opintojaksoa tarvitsevan, ovat kone- ja tuotantotekniikka, automaatiotekniikka sekä bio- ja elintarviketekniikka. Kaikista koulutusohjelmista valmistuu insinöörejä, joiden työllistyminen teollisuuteen on erittäin todennäköistä ja joiden perusosaamiseen robotiikka tulee tällöin kuulua.

Perusopintoihin kuuluvan opintojakson sisältö jaoteltuna yritysten antaman arvosanan mukaan tulee olla seuraava:

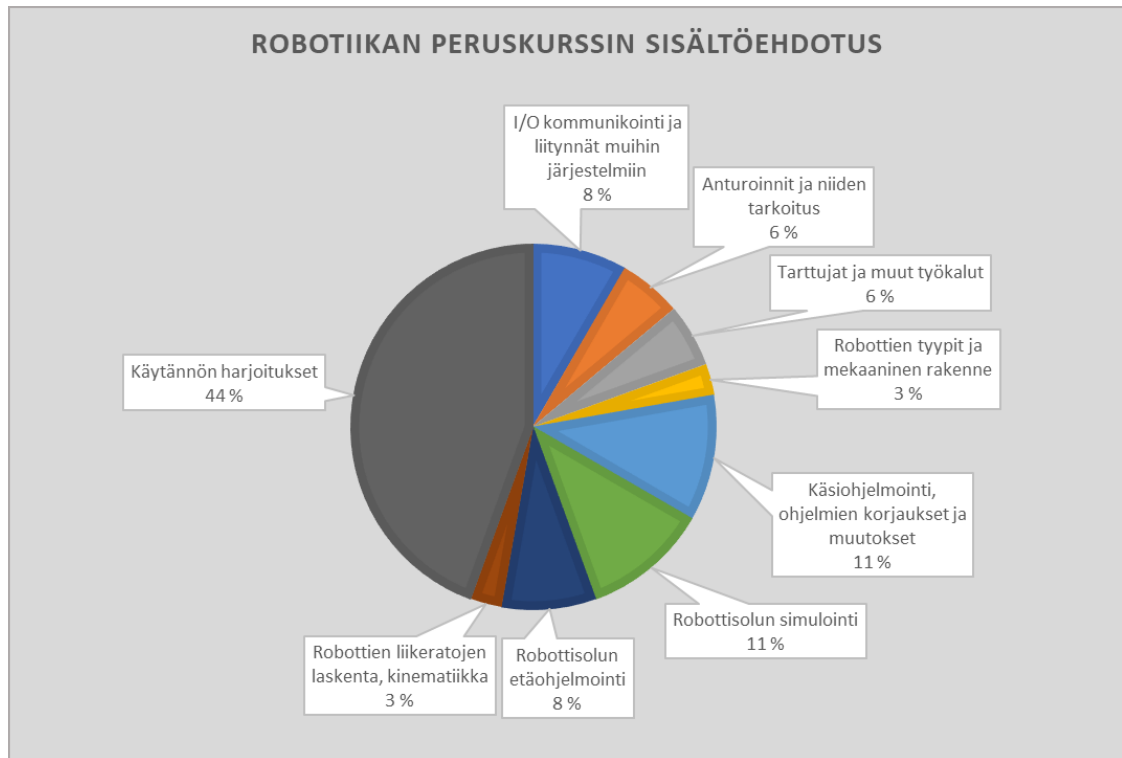
Mekaniikka, toiminta ja oheislaitteiden tuntemus

- I/O kommunikointi ja liittynät muihin järjestelmiin
- Anturoinnit ja niiden tarkoitus
- Tarttumat ja muut työkalut
- Robottien tyypit ja mekaaninen rakenne

Ohjelmointi ja liikeradat

- Käsiohjelmointi, ohjelmien korjaukset ja muutokset
- Robottisolun simulointi
- Robottisolun etäohjelmointi
- Robottien liikeratojen laskenta, kinematiikka

Peruskurssiin on hyvä kuulua käytännön harjoituksia. Ohjelmoinnin opettelu tietokoneella opettaa hyvin ohjelmarakenteen teon ja erilaisten käskyjen tarkoituksia, mutta itse robotilla työskentely konkretisoi teoriassa opitun asian ja sitä kautta oppiminen tehostuu. Käytännön harjoittelua on mahdollista suorittaa ainakin robottijärjestelmän kommunikointiin, käsiohjelmointiin ja etäohjelmointiin liittyvissä osaamisalueissa. SeAMK:n konekanta mahdollistaa hyvin käytännön harjoittelun ja monipuolisen oppimisen robotiikasta. Konelaboratoriossa oleva portaaliradalla liikkuva ABB:n robotti on tarkoituksena lähitulevaisuudessa myydä tai vaihtaa toiseen, käytännöllisempään ratkaisuun. Tässä tapauksessa suosittelen vaihtamaan sen eri rakenteella olevaan robottiin. 6 nivelisiä robotteja laboratorioissa on jo useita, mutta rakenteiden oppimisen ja erilaisten robottien ohjelmoinnin kannalta robottien monipuolisuus olisi hyödyllistä. Robotteja on tutkimuksen tekoaikana keskitetty samaan laboratorioon. SeAMK:ssa toteutetun hankkeen yhteydessä hankittiin yhteistyörobotteja ja yksi mobiilirobotti, joiden sijoituspaikkaan keskitettiin myös robotit edellisestä robotiikan laboratoriosta. Uudesta robotiikan laboratoriosta löytyvät kaikki muut robotit paitsi Fanuc 165F -robotit, jotka sijaitsevat kone- ja tuotantotekniikan laboratorioissa. Kuva 29 esittelee ehdotetun jaottelun kurssin kokonaistuntimäärästä eri osaamisalueiden välillä. Jaottelussa on otettu huomioon yritysten mielipiteet kokonaistuntimäärän ollessa 108 tuntia, eli noin 4 opintopisteen verran.



Kuva 29 Robotiikan peruskurssin jaottelu

Syventävinä opintoina tulisi olla tarjolla robottijärjestelmän suunnitteluun perehtyvä opintojakso, joka voisi sisältyä joko johonkin olemassa olevaan moduuliin, joka liittyy tuotantotekniikkaan. Opintojakson sisältö voisi olla seuraava:

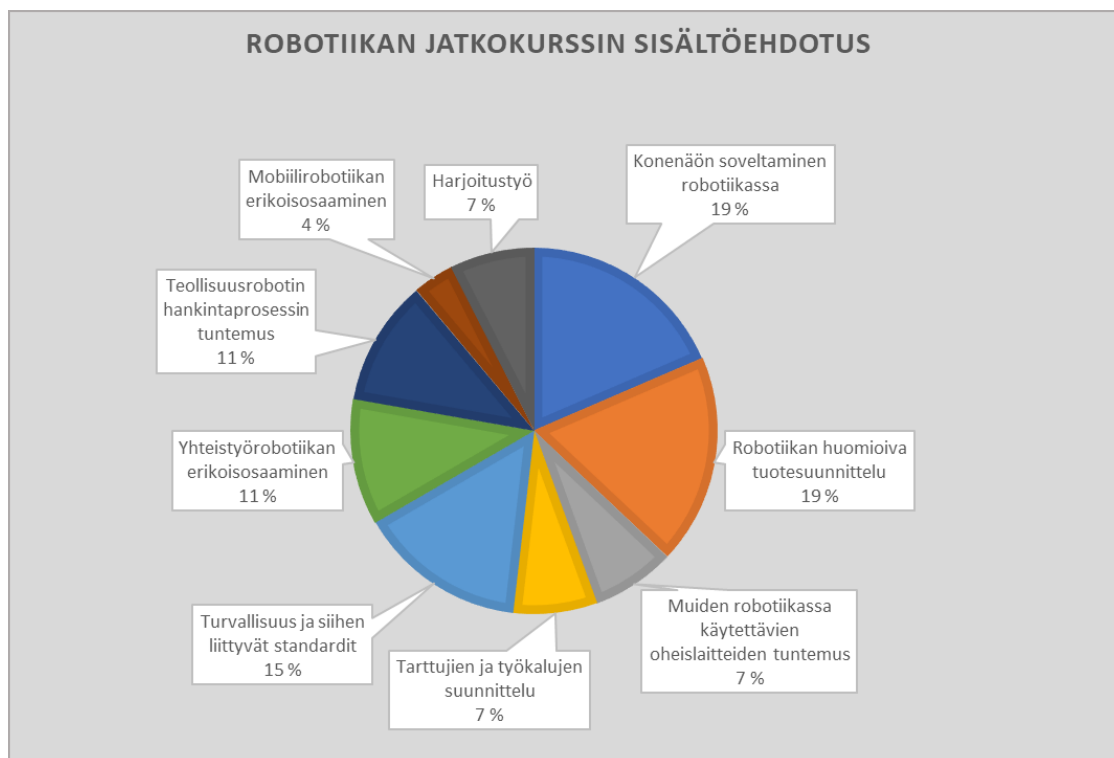
Robotiikkaa tukeva suunnittelu

- Koneenäön soveltaminen robotiikassa
- Robotiikan huomioiva tuotesuunnittelu
- Muiden robotiikassa käytettävien oheislaitteiden tuntemus
- Tarttuvien ja työkalujen suunnittelu

Hankinta, turvallisuus sekä erikoistapaukset

- Turvallisuus ja siihen liittyvät standardit
- Yhteistyörobotiikan erikoisosaaminen
- Teollisuusrobotin hankintaprosessi
- Mobiilirobotiikan erikoisosaaminen

Opintojaksojen sijoittautuminen tulisi olla siten, että peruskurssi on suoritettu ennen jatkokurssia. Myös vaatimus peruskurssin suorittamisesta ennen jatkokurssia tulisi sisällyttää opintojaksojen kuvaukseen. Kuva 30 esittelee ehdotuksen jatkokurssin osaamisalueiden jaottelusta kokonaistuntimäärän ollessa 81 tuntia, eli 3 opintopisteen laajuinen.



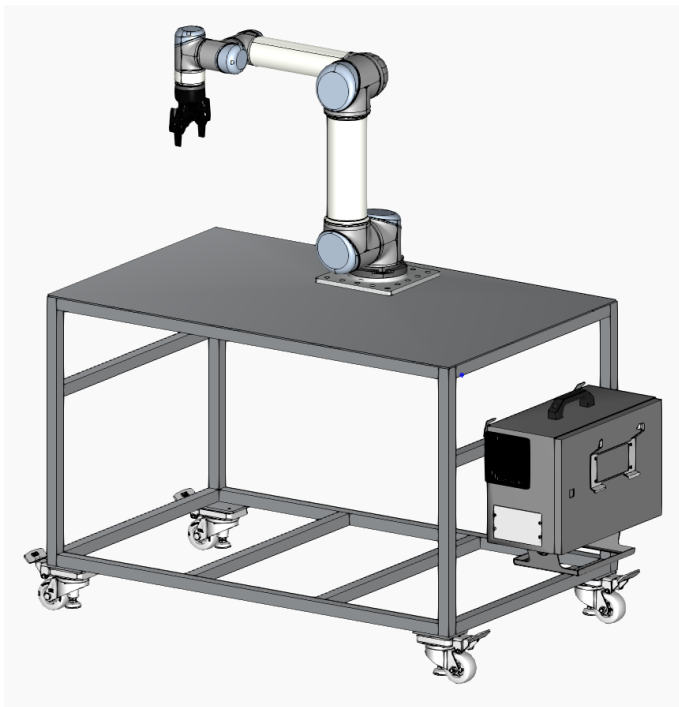
Kuva 30 Robotiikan jatkokurssin jaottelu

Syventävien opintojen aihealue luo hyvät puitteet ongelmaperusteiselle oppimiselle. Koska peruskurssi tulisi olla tässä vaiheessa jo käyty, voidaan robottijärjestelmän suunnitteluun todella perehtyä. SeAMK on aktiivinen yritys yhteistyössä hankkeiden ja erilaisten projektien kautta. Tämä luo mahdollisuudet ottaa oikea teollisuusyrityksen ongelma ratkaistavaksi opiskelijoiden voimin. Harjoitustyö voisi sisältää robottijärjestelmän suunnittelun automatisoitavaan todelliseen kohteeseen. Tämä toimisi hyvin myös motivoivana tekijänä ja teollisuusyritys voisi itse päättää mahdollisesta toteutuksesta. Robotiikan peruskurssin sijoitus opetussuunnitelmaan voisi olla automaatiotekniikan koulutusohjelmassa esimerkiksi ammattiopintojen perusteet moduulissa kuten myös konetekniikan koulutusohjelmassa. Bio- ja elintarvitekniikan koulutusohjelmassa sijoitus voisi olla esimerkiksi yhteisissä ammattiopinnoissa, prosessitekniikan moduulissa. Robotiikan syventävien opintojen sijoitus tulisi luultavimmin olemaan konetekniikan koulutusohjelmassa, kone- ja tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehdossa automaatiojärjestelmien moduulissa, joka sijoittuu lukuvuosille 3 ja 4, tai vapaasti valittaviin opintoihin auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehdossa. Automaatiotekniikan koulutusohjelmassa sen voisi sijoittaa tuotantoautomaation moduuliin, joka sijoittuu opintojen keskivaiheille. Bio- ja elintarvitekniikan koulutusohjelmassa robotiikan syventävät opinnot voisi sijoittaa vapaasti valittaviin opintoihin, nykyisen robotiikan kurssin paikalle.

4.3 Yhteistyörobotiikka

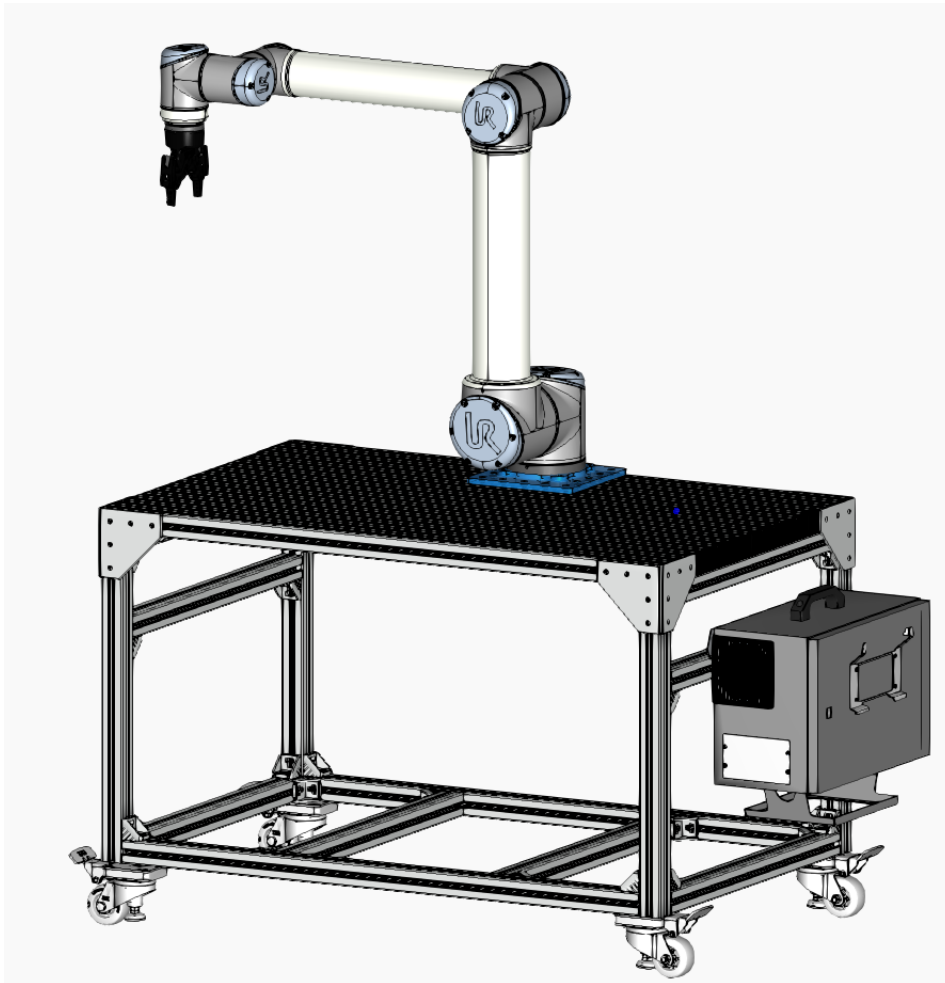
SeAMK:ssa yhteistyörobotiikkaa sivutaan robotiikan opintojaksolla kevyesti. Aikaisemmin ei ole ollut mahdollista ottaa mukaan käytännön harjoituksia. Yhteistyörobotteja hankittiin Mixed Reality and Collaborative Robotics -projektin yhteydessä. Robotit ovat Universal Robots -merkkisiä yhteistyörobotteja, joissa on akselikohtainen voimarojoitus. Mallit ovat UR5 ja UR10, jotka kykenevät 5kg ja 10kg kuorman käsittelyyn. Yhteistyörobotiikan opintojakson on suunniteltu tulevan vapaasti valittaviin opintoihin, jota pilotoitaisiin vuonna 2019. Opintojakson tulisi sisältää tutustumista yhteistyörobotiikkaan ja siihen liittyviin eroavaisuuksiin perinteiseen teollisuusrobotiikkaan verrattuna. Tämä luo hyvät kehykset käyttää hyödyksi oppimismenetelmänä ongelmalähtöistä oppimista. Yhteistyörobotiikan osalta tärkeitä osa-alueita voidaan ajatella olevan ainakin turvallisuuden ja eri yhteistyömenetelmiin liittyvät asiat, mutta myös tekniikan, joka mahdollistaa läheisyyden ihmisen ja robotin välillä.

Yhteistyörobotit SeAMK:ssa ovat kiinnitettynä pöytään (Kuva 31), joka mahdollistaa niiden liikuttelun esimerkiksi luokkahuoneisiin tai eri laboratorioden välillä. Koska robotit ovat liikuteltavissa helposti, on myös niiden joustavuutta eri tuotantotilanteissa helppo demonstroida. Toisessa pöydistä (Kuva 32), jossa UR10 robotti on sijoitettuna, pöytälevy on valmistettu eräänlaisesta profiilista. Tähän pöytään on mahdollista helposti kiinnittää erilaisia oheislaitteita tai demoympäristöön kuuluvia asetuksia.



Kuva 31 UR5 robotti kiinnitettynä pöytään (Janne Kapela 2018)

Yhteistyörobotiikan opintojakson suunnittelussa tulee ottaa huomioon opiskelijoiden tarvittavat kompetenssit, mutta koska yhteistyörobotit ovat vielä toistaiseksi vieras käsite monille yrityksille, myös tiedon levityksen osuus on oltava merkittävä. Tämä tarkoittaa käytännössä, että sovellusmahdollisuuksien ja muiden tiedon puutteen osa-alueet on otettava mukaan opetukseen ja täten varmistettava tulevaisuuden insinöörien osaaminen näiltä osin. Tällä tavoin tietämystä yhteistyörobotiikasta ja sen käytöstä saadaan yritys-
siin palkattavien henkilöiden kautta.



Kuva 32 UR10 robotti kiinnitettynä pöytään (Janne Kapela 2018)

Ehdotus yhteistyörobotiikan opintojaksoksi koostuu pääosin niistä aiheista ja ideoista, joita yrityksillä teollisuusrobotiikasta on ollut tutkimusten mukaan. Määriteltyjen aihealueiden ei tarvitse tarkasti määritellä mitä kyseisessä aihealueessa käydään läpi, mutta ne pohjautuvat tutkimuksiin yritysten mielipiteistä ja tarpeista. Tällöin ne ainakin olisi hyvä käydä läpi jollain tasolla. Pääosin opintojakso on siis jaoteltu seuraavasti:

- Teoria
 - a. Turvallisuustekniikka
 - b. Eri sovellukset ja mahdollisuudet
 - c. Ohjelmointi ja konenäön hyödyntäminen
 - d. Mobiilirobotiikka
- Harjoitustyöt
 - a. Yhteistyön innovaatiot
 - b. Turvallisuuden innovaatiot
 - c. Yhteistyörobotiikan soveltaminen
- Laboratorioharjoitukset
 - a. Ohjelmointi (+voimaohjattu ohjelmointi)
 - b. Mobiilirobotiikka
 - c. Konenäön hyödyntäminen
- Yritysexkursio

Teoriassa läpikäytäviä asioita voi helposti verrata niin sanottuun normaaliin teollisuusrobotiikkaan. Yhteistyörobottien sovelluksiin käytettävät standardit on hyvä käydä läpi niiden vaikuttaessa suuresti sovellusten toimintaan. Standardit myös määrittelevät yhteistyötyypit, mutta näitä yhteistyötyyppejä käytetään usein myös päällekkäin samassa robotisovelluksessa. Yhteistyörobotit myös sisältävät erilaisia voiman tunnistavia anturointia, jotka vaikuttavat robotin toimintaan eri tavoin. Tämä voi muun muassa vaikuttaa suuresti ohjeistuksiin, joita solussa työskenteleville ihmisille kehitetään. Yhteistyötyypit sisältävät erilaisia turvallisuusjärjestelmiä, kuten edellä mainittu voima-anturointi. Näiden turvallisuusjärjestelmien tunteminen on tärkeää, koska tässä vaiheessa jo kehitellyt turvajärjestelmät tulevat luultavasti näyttelemään suurta osaa tulevaisuudessakin robotien liikkeen ja toiminta-alueiden rajaamisessa, ainakin toimintaperiaatteiden osalta.

Yhteistyörobotiikan hyötyjen ymmärtämisen kannalta eri sovellusten ja mahdollisuuksien tarkasteleminen on hyödyllistä. Tämä avaa hieman silmiä erilaisten sovellusten kehittämistä silmällä pitäen ja valmistaa tulevaan harjoitustyöhön. Yksi tärkeimmistä osaamisalueista tehdyn kyselyhaastattelun perusteella on ohjelmoinnin osaaminen. Yhteistyörobotiikan saralla ohjelmointia on usein yksinkertaistettu, eli se poikkeaa perinteisestä teollisuusrobotti ohjelmoinnista. Opintojaksossa ohjelmoinnin opetukseen tulee kuulua myös voimaohjatun ohjelmoinnin osio ja konenäön hyödyntäminen. Nämä asiat tulevat tuttua joiltain osin aikaisemmilla robotiikan kursseilla, mutta on hyödyllistä käydä läpi, miten yhteistyörobotiikka vaikuttaa konenäön käyttöön. Konenäkö kuitenkin koettiin tärkeäksi VTT:n (2018) tutkimuksessa, kuin myös tämän tutkimuksen kyselyhaastattelun tuloksissa. Yksi osa-alue mikä myös on tärkeä tulevaisuudessa, on mobiilirobotiikka. Mobiilirobotiikasta teoriassa olisi hyvä käydä läpi anturointiin (aistimista), sovelluskohteisiin, ohjelmointiin ja navigointiin liittyviä aihealueita.

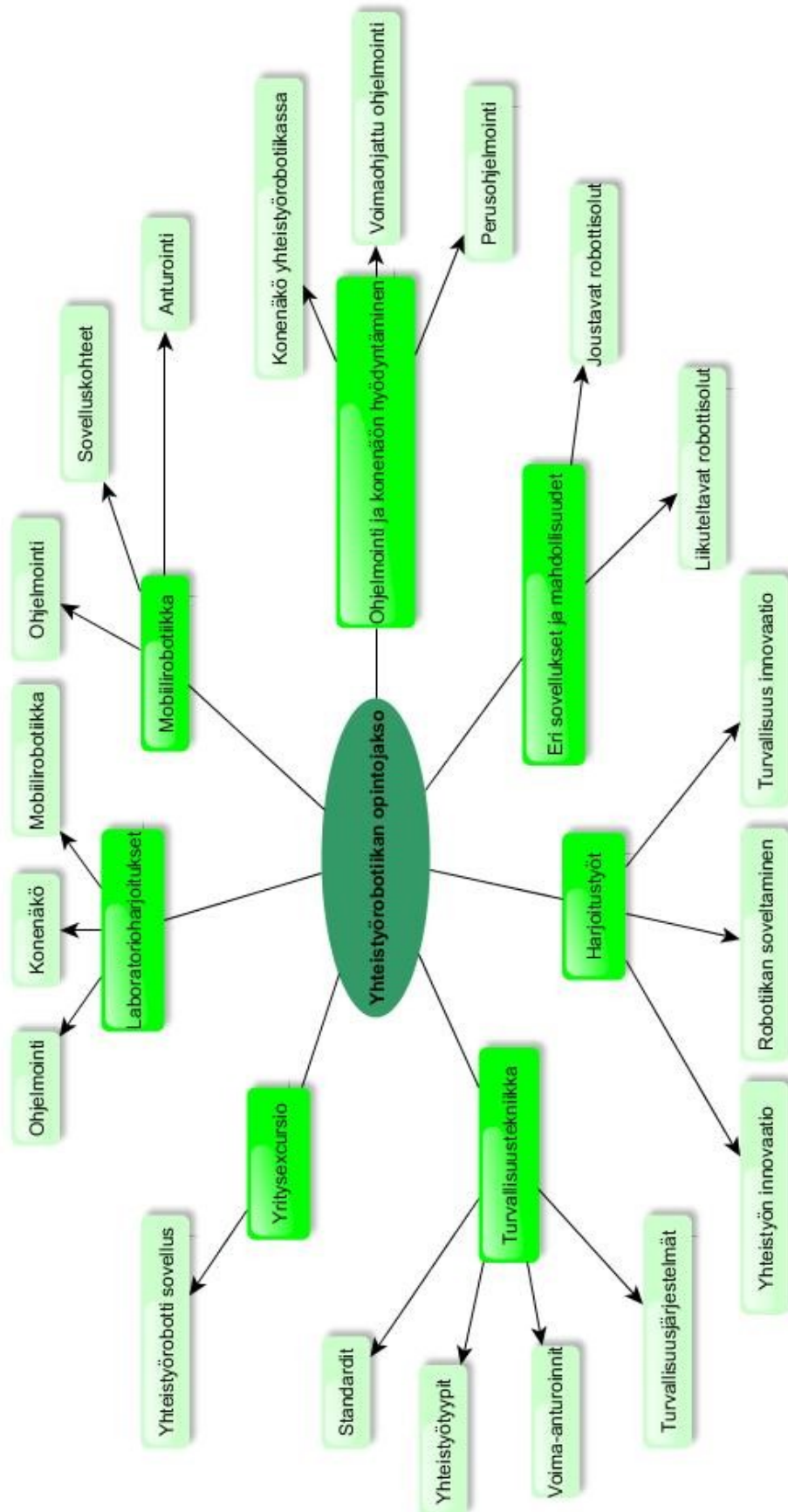
Laboratorioharjoitukset konkretisoivat teoriassa opittuja asioita ja saa parhaimmassa tapauksessa saa aikaan oivalluksia ja kehittämään sisäistä motivaatiota opiskelijoissa. Uu-

desta robotiikan laboratoriosta löytyy siis 2 kappaletta yhteistyörobotteja ja yksi mobiili-robotti. Universal Robots yhteistyöroboteista löytyy konenäköön ja voimaohjaukseen omat sovelluksensa. Laboratorioharjoituksia on näin helppo järjestää ensin perusohjelmoinnista. Perusohjelmoinnissa päästään vertaamaan yhteistyörobotin ohjelmointia laboratoriosta löytyviin muihin robotteihin. Toisena harjoituksena tulisi olla konenäköön liittyvä harjoitus. Robotilla tunnistettaisiin jokin muoto konenäön avulla ja sitten tehdään jokin toimenpide kyseiseen kappaleeseen liittyen. Sovellus löytyy suoraan UR käyttöjärjestelmästä asennettuna. Kolmas harjoitus tulisi olla voimaohjaukseen liittyvä. Siinä harjoiteltaisiin voimaohjaukselle ohjelmoinnille sopivaa työtehtävää, esimerkiksi luodaan ohjelma hiontaan tai jonkin aineen levitykseen.

Laboratorioharjoituksissa viimeiseksi harjoitellaan mobiilirobotin käyttöä. Harjoituksessa luodaan rata, jota pitkin robotti liikkuu. Tässä voidaan hyödyntää muita yhteistyörobotteja esimerkiksi lastauksessa tai sen purkamisessa. Voiko näin tehdä, riippuu luokan opiskelija lukumäärästä ja siitä, miten harjoitukset loppujen lopuksi järjestetään.

Harjoitustyöt syventävät osaamista ja aktivoivat opiskelijoita itsenäiseen opiskeluun sekä tiedonhakuun. Harjoitustyöt vievät suuren osan kurssista, mutta tuovat hyvin tietoa opiskelijoille esimerkiksi turvallisuuslaitteista ja niiden soveltamisesta robotiikkaan. Harjoitustöitä voisi olla kolme kappaletta. Niiden tulisi hyödyntää ongelmalähtöistä oppimista ja sen periaatteita. Ensimmäinen harjoitustyö keskittyisi yhteistyötyyppeihin ja niiden monipuolisuuteen. Opiskelijoiden tehtävänä olisi suunnitella uusi yhteistyötyyppi, jossa ihmisen ja robotin yhteistyö olisi jollain tavalla täysin uudentyyppinen ja erilainen kuin mikään tunneilla käydyistä esimerkeistä. Toinen harjoitustyö voisi olla turvallisuusjärjestelmiin liittyvä harjoitus, jossa opiskelijoiden tehtävä olisi suunnitella ennalta annettuun esimerkki robottisoluun turvallisuusjärjestelmä. Järjestelmän suunnittelu pohjautuu standardeihin, joissa esimerkiksi turvaetäisyydet ja pysähtymisvaatimukset on esitettyinä. Kolmantena harjoitustyönä olisi yhteistyörobotiikan soveltaminen teollisuuteen. Harjoituksessa voisi antaa oikean esimerkin jostain perinteisestä, esimerkiksi aidoin rajatusta robottisolusta. Tehtävänä olisi siis muuttaa tämä robottisolu yhteistyösoluksi. Toinen vaihtoehto on antaa opiskelijoille tehtäväksi automatisoida yhteistyörobotilla jokin tuotannon vaihe, joka parantaisi tuotannon prosessia. Tämä esimerkki voi myös olla täysin oikeasta tuotannosta. Oikeat esimerkit voisivat parantaa motivaatiota ja siten opintosuorituksia. Harjoitustyöt olisivat järkevintä tehdä 2-3 opiskelijan ryhmissä, jolloin kuormitus jakaantuisi useammalle.

Kuva 33 esittää ehdotetun aihehahmotelman, millä tavalla yhteistyörobotiikan opintojakso on jaoteltu.



Kuva 33 Yhteistyörobotiikan opintojakson aihehahmotelma

Yritysexcursio antaa käytännön esimerkin yhteistyörobotiikan teollisuuden käyttökoh-teista. Excursion kohteena olevalla yrityksellä ei sinänsä ole merkitystä, kun sieltä vain löytyy yhteistyörobotiikkaa. Kyselyhaastatteluun vastanneissa yrityksissä yhteistyö-robotteja oli kohtuullisen hyvin. Vastanneista yrityksistä, joissa oli robotteja, 15%:ssa ro-boteista ainakin yksi oli yhteistyörobotti. Tosin tässä ei huomioitu sitä, onko kysely tullut samaan yritykseen useammalle. VTT:n tutkimuksessa noin puolella vastanneista oli käy-tössään yhteistyörobotteja ja vastanneista suuri osa oli valmistavan teollisuuden edustajia.

Yhteistyörobotteihin keskittyvän opintojakson sijoitus tulisi ainakin pilotointi ajanjak-solla olla vapaasti valinnaisissa opinnoissa. Tämä kurssi voisi olla vapaasti valinnaisena kaikille insinööriopiskelijoille, jolle sitten määritellään maksimi osallistujamäärä. Kurssi järjestettäisiin vähintään kerran lukuvuodessa ja tulevaisuudessa yhteistyörobotiikan osuuden voisi sisällyttää esimerkiksi robotiikan jatkokurssin sisältöön. Jatkokurssilla joka tapauksessa sivutaan yhteistyö- ja mobiilirobotiikkaa, joten näiden aihealueiden laajempi käsittely sopisi toiseksi osaksi tätä opintojaksoa.

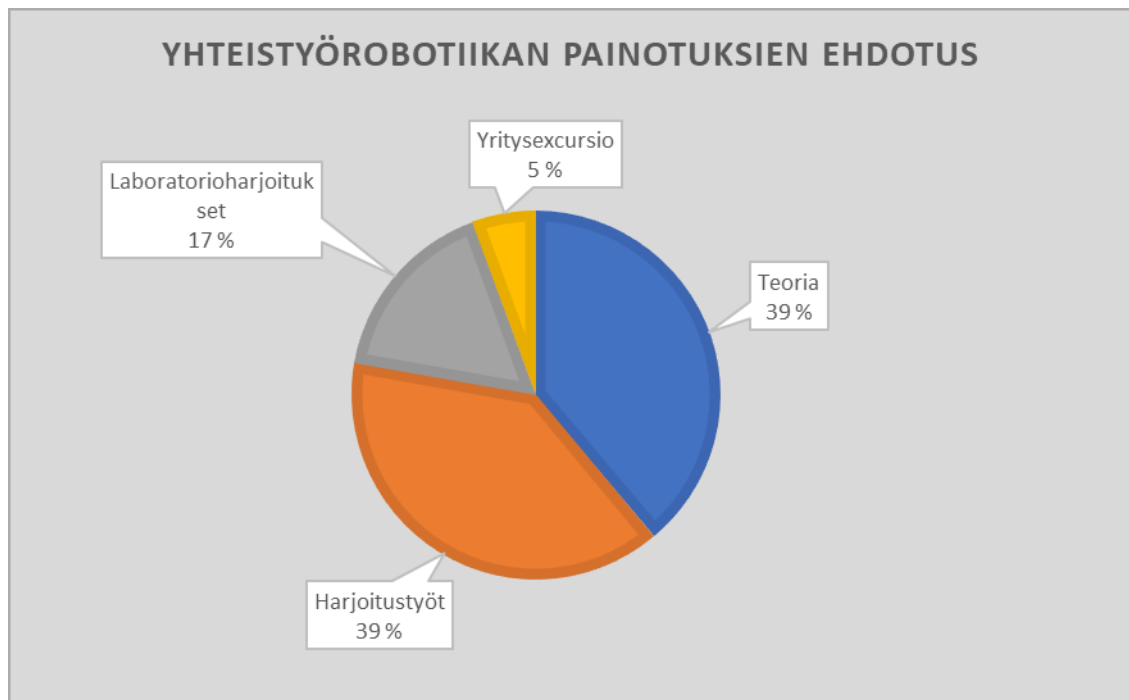
Opintojakson aihealueiden painotukset voidaan määritellä yritysten määrittelemien kom-petenssien mukaan. VTT:n tutkimuksessa esille nousseet kehityskohteet ja tiedon vajaa-vaaisuudet voidaan ottaa huomioon teoria osuudessa tai harjoitustehtävissä. Pilotoitava opintojakso koostuisi siis neljästä eri osiosta: teoria, harjoitustyöt, laboratorioharjoitukset ja yritysexcursio. Näiden painotukset karkeasti arvioiden voisivat olla kuvan 34 mukaiset.

	Tuntimäärät
Teoria	42
Turvallisuustekniikka	
Standardit	5
Voima-anturoinnit	3
Yhteistyötyypit	3
Turvallisuusjärjestelmät	5
Eri sovellukset ja mahdollisuudet	
Joustavat robottisolut	3
Liikuteltavat robottisolut	3
Ohjelmointi ja konenäön hyödyntäminen	
Yhteistyörobotin ohjelmointi	4
Voimaohjattu ohjelmointi	3
Konenäkö yhteistyörobotiikassa	3
Mobiilirobotiikka	
Ohjelmointi	4
Anturointi	3
Sovelluskohteet	3
Harjoitustyöt	42
Yhteistyön innovaatiot	14
Turvallisuuden innovaatiot	14
Yhteistyörobotiikan soveltaminen	14
Laboratorioharjoitukset	18
Ohjelmointiharjoitukset	6
Konenäköharjoitukset	6
Mobiilirobotiikan harjoitukset	6
Yritysexkursio	6
Yhteensä	108

Kuva 34 Yhteistyörobotiikan opintojakson painotuksen ehdotus

Opintojakson tarkka painotusten arviointi on erittäin hankalaa ja tulisikin uudelleenarvioida ensimmäisen pilotti kokeilun jälkeen. Näillä painotuksilla opintojakson tuntimääräksi valikoituisi noin 108 tuntia, mikä vastaa 4 opintopisteen opintojaksoa. Painotuksissa on huomioitava myös se, että laboratorioharjoitukset ovat erilaisia verrattuna esimerkiksi teoriaopetukseen, koska niiden suorittaminen itsenäisenä opiskeluna on usein mahdo-

tonta. Opiskelijoiden laboratorioharjoitusten teko yksin robottien kanssa on turvallisuusriski ja harjoitusten ohjaaminen on luultavimmin välttämätöntä. Poiketen laboratorioharjoituksista, harjoitustyöt taas ovat usein opiskelijoiden itsenäistä työskentelyä suurimmaksi osaksi, joka tässäkin tapauksessa tasapainottaa kontaktituntimääriä. Kontaktituntimäärät ovat arviolta noin 53 tuntia (teoria 21 h, laboratorioharjoitukset 18 h, harjoitustöiden aloitus/läpikäynti 8 h sekä yritysexkursio 6 h). Kuva 35 kertoo painotuksien ehdotukset eri osa-alueiden välillä.



Kuva 35 Yhteistyörobotiikan painotukset

Yhteistyörobotiikan kurssilla teorian läpikäymiseksi voidaan käyttää tietokoneluokkaa. Jos ohjelmistot saadaan opiskelijoiden koneille, eikä esimerkiksi lisensointiin liittyvät asiat rajoita käyttöä, voidaan käyttää myös teorialuokkaa. Ohjelmistoja voidaan käyttää esimerkiksi harjoitustöissä layout tai simulointi tarkoituksissa. Laboratorioharjoituksissa käytetään uudistunutta robotiikan laboratoriota ja mahdollisesti konelaboratoriota. Mobiilirobotiikan harjoituksia voisi myös tehdä laboratorion ulkopuolella, esimerkiksi Frami F rakennuksen käytävillä, jotka soveltuisivat hyvin esteiden tunnistamiseen ja reitin valintaan esteiden perusteella.

4.4 Opintojaksolla käytettävät robotit ja oppimisympäristöt

Robottiikan perusopintojaksolla voidaan käyttää monia robotteja SeAMK:n laboratorioista. Perusopintojaksoon kuului mekaniikkaa, anturointia, tarttuvia ja ohjelmointia. Näiden aihealueiden oppimiseen voidaan käytännössä käyttää kaikkia käytettävissä olevia perinteisiä käsivarsirobotteja. Robottisolun simulointiin käytetään Visual Components ja/tai Robotstudio -ohjelmistoja. Robottisolun etäohjelmointiin voidaan käyttää robotstudio -ohjelmistoa ja robottina ABB:n robotiikan laboratoriossa olevaa robottia tai mahdollisuus on myös käyttää kone- ja tuotantotekniikan laboratoriossa olevia Fanuc -robotteja.

Syventävinä opintoina järjestettävässä opintojaksossa konenäköä voidaan opettaa Fanuc, ABB ja Universal Robots roboteilla. Muita oheislaitteita voisi esimerkiksi olla viivaskanneri, läheisyysanturi ja liukuhihna, jolla tuotteet liikkuvat. Yhteistyörobotiikkaa voidaan opettaa Universal Robot -robottien avulla ja mobiilirobotiikkaa Omron -mobiilirobotiikan avulla.

SeAMK:n robotiikan laitteisto on nykyhetkellä hyvällä tasolla. Robotteja on riittävästi ja erilaisia oheislaitteita niihin on tarjolla. Ainoa puute, mikä parantaisi opetuksen kattavuutta, löytyy monipuolisuudesta. Miltei kaikki roboteista ovat käsivarsirobotteja. Monipuolisuuden parantamiseksi olisi hyvä hankkia esimerkiksi jonkin vanhemman robotin tilalle erityyppinen robottijärjestelmä.

Aiemmin esitettyjen opintojaksojen opetusmateriaalit tulisi sijoittaa helposti saataville. Tämä tarkoittaa käytännössä esimerkiksi verkkoympäristössä toimivan moodle -alustan (tai vastaavan) käyttöä. Moodle mahdollistaa opiskelijoiden kehittämää omaa oppimisympäristöä (PLE) ja oppimisverkostoaan (PLN). Tämä antaa valmiuksia kehittää omaa, koko elämän kestävästä oppimisverkostoa. Tämä ajatusmalli tukee elinikäisen oppimisen mallia ja täten mahdollisesti edesauttaa asiantuntijuuden kehittymistä.

Robottiikan opintojaksojen selkeät osaamisalueet helpottavat myös AHOT-menettelyn käyttöä. Menettelyä vaativalle opiskelijalle on täten helppo osoittaa opintojaksojen vaatimukset ja niiden perusteella on määritellä hyväksilukuun tarvittavat tehtävät tai tenttikysymykset.

5. YHTEENVETO JA POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää yritysten mielipiteitä robotiikasta, mitä kompetensseja yritykset tarvitsevat robotiikan aihealueelta ja kuinka SeAMK:n robotiikan opintojakso vertautuu muiden ammattikorkeakoulujen opintojaksoihin. Tarkoituksena oli myös kartoittaa kuinka hyvin SeAMK:n olemassa oleva laboratoriolaitteisto sopii yritysten tarvitsemien kompetenssien opettamiseen.

Yritysten mielipiteitä ja kompetensseja selvitettiin teema- ja kyselyhaastattelulla, joiden tulokset avataan luvussa 4. Kyselyhaastatteluun vastanneiden määrä oli 26. Haastattelupyynnö lähetettiin 418 sähköpostiosoitteeseen ja jaettiin Suomen Robotiikkayhdistyksen LinkedIn sivustolle. Haastatteluihin osallistuneiden määrä oli lievä pettymys. Vastamatta jättäminen on voinut johtua esimerkiksi siitä, ettei kyselyyn, jonka aihealue on robotiikka, koeta koskettavan vastaanottajan edustamaa yritystä. Kaikki mielipiteet ovat tärkeitä, kun kartoitetaan mielipiteitä ja vastanneista 11 kappaleella ei robotteja tuotanto-tehtävissä ollutkaan. Vastauksista ilmenee yleisenä mielipiteenä, että robotiikka on hyödyllistä. Koetaan, että robotiikka parantaa laatua ja tuottavuus paranee ja sen osaaminen koetaan erikoisosaamiseksi.

Tulokset kyselyhaastattelusta ovat verrattain selkeät, ohjelmoinnin osaamista pidetään tärkeimpänä osaamisalueena ja toiseksi tärkeimpänä robotin kommunikoinnin osaamista robotin ja muiden laitteiden välillä. Osaamisalueet muodostavat tuloksineen selkeät jaotukset, joita hyödynnetään kurssien osa-alueiden muodostamisessa. Tulokset mahdollistavat myös kahden kurssin sisältävän systeemin suunnittelun, joka taas mahdollistaa robotiikan syvällisemmän opiskelun sitä tarvitseville. Yllättävintä tuloksissa on mobiilirobotiikan erikoisosaamisen ja robotin hankintaprosessi osaamisen heikohko tulos. Heikohko tulos siis tarkoittaa, etteivät yritykset näe osa-aluetta kovin tärkeänä osana, verrattuna muihin osa-alueisiin. Mobiilirobotiikka kuitenkin tulee luultavimmin olemaan hyvin tärkeä osa tulevaisuuden automatisoituja tehtäviä. Tulokset siis osoittavat yritysten arvostavan perinteisen robotiikan osaamista. Yksi asia teollisuusrobotiikan, niin perinteisen, mobiili- ja yhteistyörobotiikan yleistymisen tiellä on, tieto. Niin teemahaastatteluissa, kyselyhaastattelun kuin myös VTT:n vuonna 2018 tehdyn tutkimuksen mukaan kaikenlaisesta robotiikasta tarvitaan lisää tietoa yrityksiin. Tähän tiedon tarpeeseen on monia projekteja kansallisesti menossa, kuten myös SeAMK:ssa tutkimuksen tekohetkellä menossa oleva Mixed Reality and Collaborative Robotics -projekti.

SeAMK:n robotiikan opetussuunnitelmaa verrattiin muiden robotiikkaa opettavien ammattikorkeakoulujen opetussuunnitelmaan, joissa opetetaan kone- ja/tai automaatiotekniikkaa. Vertailun tulokset löytyvät luvusta 3. Tieto robotiikan opetettavista osaamisalueista haettiin viimeisimmistä opetussuunnitelmista verkkosivuilta. Tämä vuoksi vertailu

oli hankalaa. Useassa tapauksessa osaamisalueita ei oltu tarkasti jaoteltu, jolloin vertaaminen ei ole kovin tarkkaa. SeAMK:n robotiikan opintojakson osaamisalueet kartoitettiin asiantuntijahaastattelulla. Haastattelun kohteena oli kyseisen opintojakson vastuuopettaja. Jotta tulokset olisivat olleet vertailukelpoisia, olisi asiantuntijahaastatteluita pitänyt tehdä jokaisen ammattikorkeakoulun kohdalla. Tässä tapauksessa vertailuun osallistuvien ammattikorkeakoulujen määrää olisi rajoitettava. Saaduista tuloksista voidaan nähdä, että robotiikan opetus SeAMK:ssa sisältää suuren osan osaamisalueista, mitä muissa ammattikorkeakouluissa opetetaan. Silti opintopistemäärä robotiikan opintojaksosta on keskiarvoa pienempi. Tämän vuoksi robotiikan opintojaksolla joidenkin asioiden kohdalla tulee kiire, joka ilmenee myös vastuuopettajan haastattelusta.

SeAMK:n robotiikan opetuksen käytettävissä olevan välineistön tila kartoitettiin. Välineistö on kartoituksen perusteella jo valmiiksi hyvällä tasolla. Mixed Reality and Collaborative Robotics -projektissa investoidut yhteistyörobotit sekä mobiilirobotti antavat mahdollisuuksia myös tutustua vuorovaikutteisen robotiikan aihealueisiin käytännössä. Robotiikan opetuksen monipuolistamiseksi jokin käsivarsiroboteista tulisi korvata erilaisella robotilla, korvaava robotti voi olla esimerkiksi rinnakkaisrakenteinen robotti.

Tutkimuksen tavoitteena oli hankkia tietoa haastatteluiden, kirjallisuuskatsauksen ja nykytilakartoituksen avulla osaamisalueista, joita yritykset arvostavat ja tarvitsevat. Näiden osaamisalueiden avulla voitiin rakentaa suunnitelma robotiikan opetuksesta SeAMK:ssa, huomioon ottaen myös tulevaisuuden tarpeet. Uudessa suunnitelmassa pyrittiin ottamaan huomioon oppimista tukevat pedagogiset menetelmät, mitkä esiteltiin luvussa 2.2. Tavoitteiden saavuttamisessa onnistuttiin kohtuullisen hyvin. Valitut tutkimusmenetelmät soveltuivat pääosin hyvin tämän tutkimuksen tarpeisiin. Pidän tutkimuksen heikkoutena ammattikorkeakoulujen vertailua ja teemahaastatteluiden tuottamia tuloksia. Vaikka kyselyhaastattelu keskittyi hyvin olennaisiin asioihin tutkimuksen kannalta, siihen vastanneiden määrä oli turhan heikko. Tulokset voisivat hieman muuttua vastaajamäärien kasvaessa. Myös pedagogisten menetelmien osuutta opintojaksojen suunnittelussa olisi voinut painottaa vahvemmin.

Tutkimuksen aikana paljon on jo muuttunut, uusi SeAMK:lla aloitettu projekti ja haastattelut sekä meneillään olevat investoinnit ovat suunnattu vahvasti robotiikan opetuksen vahvistamiseen. Uusi robotiikan laboratorio keskittää robotiikkaa ja tarjoaa uusia pedagogisia vaihtoehtoja opintojaksoille sekä uuden robotin suunniteltu investointi konelaboratorioon vahvistaa robottihitsauksen opetusta ja antaa mahdollisuuden opetella mahdollisimman nykyaikaista ohjelmointiympäristöä. Tutkimuksen ajoitus oli miltei täydellinen, robotiikan osaamisen kehittäminen on ollut esillä lehdistössä ja erilaisten projektien kautta myös yrityksille. Investoinnit, mitä SeAMK:iin tehdään, voidaan perustella tutkimuksen avulla ja niiden täysi hyöty saadaan huomattavasti nopeammin käyttöön. Tutkimus myös tarjosi eri vaihtoehtoja, kuinka opintojaksot voidaan suorittaa ja mitä ne sisältäisivät (kts. luku 4), huomioon ottaen yritysten esittämät kompetenssit, sekä mahdolliset tulevaisuudessa tarvittavat osaamisalueet.

Aihealueeseen löytyi runsaasti kirjallisuutta ja muita lähteitä. Koen, että tutkimuksen tulokset ovat eräänlainen välietappi robotiikan opetuksessa ja niiden tuloksia voidaan käyttää pohjana, kun opintojaksoja rakennetaan lopulliseen muotoonsa. Kuten myös kaikilta ihmisiltä odotetaan elinikäisen oppimisen omaksumista, tulisi robotiikassa tarvittavia kompetensseja tarkistaa säännöllisin väliajoin. Tämä voisi olla esimerkiksi opiskelijaprojektityyppinen toteutus tai jopa insinööri opinnäytetyö. Tutkimus osoitti, että samankaltainen kompetenssien ja mielipiteiden selvittäminen, olisi miltei jokaisen ammatillisen oppiaineen kohdalla tarpeen. SeAMK:ssa varsinkin tekniikan yksikkö tekee huomattavan paljon opiskelijavetoisia projekteja Etelä-Pohjanmaan yrityksille. Nämä projektit ovat usein monialaisia, joita tehdään erilaisille ja eri aloille sijoittuville yrityksille. Esimerkiksi näiden projektien yhteistyöyrityksille voisi projektin päätyttyä lähettää kyselyn, jonka avulla tarvittavia kompetensseja haetaan. Jatkona tälle tutkimukselle voisi esimerkiksi suunnitella ammattiaineiden laadunvarmistusprosessin, jolla varmistettaisiin ajantasainen opetus ja säännöllinen opetuksen laadunvarmistus, jotta yrityskenttä saisi parhaimmat työntekijät myös tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Aaltonen, I. & Salmi, T. (2018). Kysely yhteistyörobotiikan kehityshaasteista ja -tarpeista, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, ESPOO, 17 p.

Ahmed, N. Inside the New Economic Science of Capitalism's Slow-Burn energy Collapseweb page. Saatavilla (viitattu 15.11.2018): <https://www.resilience.org/stories/2017-08-22/inside-the-new-economic-science-of-capitalisms-slow-burn-energy-collapse/>.

Alastalo, M., Åkerman, M. & Vaittinen, T. (2017). Asiantuntijahaastattelu, Tutkimushaastattelun käsikirja, Vastapaino, Tampere, pp. 214-232.

Arksey, H. & Knight, P. (1999). Interviewing for social scientists, Sage, London [u.a.].

Batchelor, B.G. (2012). Machine Vision Handbook, Springer London, London, 2272 p.

Collin, J. & Saarelainen, A. (2016). Teollinen internet, Talentum Media Oy, Helsinki, 333 p.

Dhillon, B.S. (2015). Robot system reliability and safety, CRC Press, Boca Raton u.a, 231 p.

Doucet, A., Evers, J., Guerra, E., Lopez, N., Soskil, M., Timmers, Koen, Schwab, Klaus & Schleicher, A. (2018). Teaching in the Fourth Industrial Revolution, Routledge Ltd, Milton, 162 p.

ELI (2009). 7 Things you should know about Personal Learning Environments, EDUCAUSE Learning Initiative, 1-2 p. Saatavissa: <https://library.educase.edu/~media/files/library/2009/5/eli7049-pdf.pdf>.

Barkley, E.F. & Major, C.H. (2016). Learning Assessment Techniques, 1. painos ed. Jossey Bass Ltd, US, 458 p.

Fryman, J. & Matthias, B. (2012). Safety of Industrial Robots: From Conventional to Collaborative Applications, 21.-22. May 2012, VDE Verlag, Munchen, pp. 51-55.

Kangaspunta, K. (2018). Työn murros ja elinikäinen oppiminen, 2018:8, Opetus- ja kulttuuriministeriö, Helsinki, 60 p.

Euroopan komissio (2013). Avoin koulutus: innovatiivisia opetus- ja oppimismahdollisuuksia kaikille uuden teknologian ja avointen oppimisresurssien avulla, Euroopan komissio, Bryssel, 14 p.

Euroopan komissio (2018). Developing key competences for all throughout life, European commission, Brussels, Belgium, 2 p.

Flick, U. (2014). An introduction to qualitative research, 4. ed., repr. ed. SAGE Publications, Inc., Los Angeles, Calif. [u.a.], 587 p.

Gelder, M M H J van, Bretveld, R.W. & Roeleveld, N. (2010). Web-based questionnaires: the future in epidemiology? American Journal of Epidemiology, Vol. 172(11), pp. 1292-1298.

Gopinath, V. & Johansen, K. (2016). Risk Assessment Process for Collaborative Assembly – A Job Safety Analysis Approach, Procedia CIRP, Vol. 44 pp. 199-203.

Gray, D.E. (2004). Doing research in the real world, Sage Publications, London, 422 p.

HAMK opetussuunnitelmat (2017), Hämeen ammattikorkeakoulu Oy, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 5.5.2018): <https://huoasl.outsystemsenterprise.com/opetussuunnitelmat/>.

Helakorpi, S. & Olkinuora, A. (1997). Asiantuntijuutta oppimassa, 1. painos ed. WSOY, Porvoo, 240 p.

Hentula, T. (2017). Robotiikan laboratoriotöiden kehittäminen, Turun ammattikorkeakoulu, 34 p.

Hietikko, J. (2017). Robotiikan työelämälähtöisen opintojakson suunnittelu Vamiin, Tampereen teknillinen yliopisto, 87 p.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2001). Tutkimushaastattelu, Yliopistopaino, Helsinki, 213 p.

Houtkoop-Steenstra, H. (2000). Interaction and the standardized survey interview, 1. publ. ed. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 209 p.

Hyvärinen, M., Hyvärinen, M., Nikander, P., Ruusuvuori, J. & Aho, A.L. (2017). Tutkimushaastattelun käsikirja, Vastapaino, Tampere, 394 p.

Hyvönen, J. (2014). Robotilla tuotanto joustavammaksi; alan osaajien puute jarruttaa robovallankumousta konepajoissa, Pro Metalli, pp. 44-50.

Hägele, M., Nilsson, K. & Pires, J.N. (2008). Industrial Robotics, in: Zelinsky, A. (ed.), Springer Handbook of Robotics, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, pp. 963-1027.

IFR (2017). Executive Summary World Robotics 2017, Industrial Robots International Federation of Robotics, Frankfurt am Main, 15-24 p. Saatavissa: <https://ifr.org/free-downloads/>.

Inkwood Research GLOBAL COLLABORATIVE ROBOTS MARKET FORECAST 2018-2026, Inkwood Research, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.9.2018): <https://www.inkwoodresearch.com/reports/collaborative-robots-market/>.

ISO 10218-1 (2011). Suomen standardoimisliitto, Helsinki, 89 p.

ISO 10218-2 (2011). Suomen standardoimisliitto, Helsinki, 155 p.

ISO 12100:2010 (2010). Suomen standardoimisliitto, Helsinki, 172 p.

ISO 9787:2013 (2015). British Standards Institute, London, 12 p.

ISO/TS 15066:2016 (2016). British Standards Institute, London, 33p.

JAMK Opetussuunnitelmat (2017), Jyväskylän ammattikorkeakoulu Oy, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 6.5.2018): https://asio.jamk.fi/pls/asio/asio_rakenne_julkaisu.rakenne_osaamisalue?ckohj=TKN&csuunt=99999&cvuosi=6S&caste=N&cark=2016-2017.

Jürgen Beyerer, Michael Heizmann & Thomas Längle (2017). Machine vision in automation technology, at - Automatisierungstechnik, Vol. 65(6), pp. 367-368. KAMK opetussuunnitelmat, Kajaanin ammattikorkeakoulu Oy, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 5.5.2018): <http://opinto-opas.kamk.fi/index.php/fi/68146/fi>.

Kapela, Janne (2018). Projektityöntekijä, Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy.

Kiviniemi, K. (2013). Aiemmin hankitun osaamisen tunnistaminen ja tunnustaminen korkeakoulutuksen haasteena, Vuorovaikutuksen jännitteitä ja oppimisen säröjä; aikuispedagogiikan haasteiden äärellä, Jyväskylän yliopisto / Kokkolan yliopistokeskus Chydenius, Kokkola, pp. 163-178.

Kuivanen, R. (1999). Robotiikka, Suomen Robotiikkayhdistys, Vantaa, 188 p.

Kvale, S. (2006). Dominance Through Interviews and Dialogues, Qualitative Inquiry, Vol. 12(3), pp. 480-500.

LAMK Opetussuunnitelmat (2017), Lahden ammattikorkeakoulu Oy, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 5.5.2018): <http://opinto-opas.lamk.fi/index.php/fi/68177/fi/68137>.

Latokartano, J. (2017). Teollisuusrobottitilastot 2016, Suomen Robotiikkayhdistys ry, 14 p. Saatavissa: <https://robayhd.fi/dokumentit/>.

Lehtinen, E., Vauras, M. & Lerkkanen, M. (2016). Kasvatuspsykologia, 3. painos ed. PS-Kustannus, Jyväskylä, 358 p.

Leinonen, M., Otonkorpi-Lehtoranta, K. & Heiskanen, T. (2017). Kyselyhaastattelu, in: Anonymous (ed.), Tutkimushaastattelun käsikirja, Vastapaino, Tampere, pp. 87-110.

Lonka, K. (2015). *Oivaltava Oppiminen*, 1. painos ed. Otava, Keuruu, 263 p.

Lopez, M. (2012). Interview Techniques, in: Boslaugh, S. (ed.), *Encyclopedia of Epidemiology*, SAGE Publications, Inc., Thousand Oaks, pp. 564-566.

Luomanmäki, T. Projektipäällikkö, sivutoiminen opettaja, SeAMK Oy, Seinäjoki, Haastattelu 16.5.2018.

Malcolm, J., Hodgkinson, P. & Colley, H. (2003). The interrelationships between informal and formal learning, *Journal of Workplace Learning*, Vol. 15(7/8), pp. 313-318.

Malm, T., Viitaniemi, J., Marstio, I., Toivonen, S., Koskinen, J., Venho, O., Salmi, T., Laine, E. & Latokartano, J. (2008). *Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus*, Suomen Robotiikkayhdistys Ry.

Mattila, M. & Uusitalo, P. (2008). *Robotiikan koulutuksen kehittäminen työelämälähtöisenä opetuksena*, Tampereen ammattikorkeakoulu, 59 p.

McKerrow, P. (1998). *Introduction to robotics*, Reprint. ed. Addison-Wesley, Sydney [u.a.], 811 p.

Metropolian opetussuunnitelmat (2017), Metropolia Ammattikorkeakoulu Oy, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 6.5.2018): <http://opinto-opas-ops.metropolia.fi/index.php/fi/88094/fi>.

Mordechai, B. & Francesco, M. (2018). *Elements of Robotics*, Springer International Publishing AG, Switzerland, 308 p.

Muhammad, A.Y. (2008). Robots in Education, in: Juan Ramón Rabuñal Dopico, de la Calle Julián Dorado & Alejandro Pazos Sierra (ed.), *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, IGI Global, Hershey, pp. 1383-1388.

Mäkitalo, E. & Wallinheimo, K. (2012). *Virtuaaliset ympäristöt*, Talentum, Helsinki, 113 p.

Nevaranta, J. (2014). *Competence Needs and a Model for the Teaching: Strategy Development of Mechanical Designers in Product Development*, Tampere University of Technology, 141 p.

Nikander, P., Nikander, P., Hyvärinen, M. & Ruusuvuori, J. (2010). *Haastattelun analyysi*, Vastapaino, Tampere, 470 p.

OAMK opetussuunnitelmat (2017), Oulun ammattikorkeakoulu Oy, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 5.5.2018): <http://www.oamk.fi/opinto-opas/opintojen-sisalto/opetus-suunnitelmat>.

Opetushallitus, Opetushallitus, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 26.6.2018): <https://www.oph.fi/>.

Otala, L. (2018). Ketterä oppiminen, Meedia Zone OÜ, Viro, 353 p.
 Pakkanen, J. Diplomi-insinööri, Lehtori, SeAMK Oy, Seinäjoki, Haastattelu
 4.5.2018.

Problem based learning, Presently gifted, verkkosivu. Saatavissa (viitattu
 19.09.2018): <https://presentlygifted.weebly.com/problem-based-learning.html#>.

Pylkkä, O. Oppimiskäsitykset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu
 27.6.2018): <https://oppimateriaalit.jamk.fi/oppimiskasitykset/>.

Ranky, P.G. (2003). Reconfigurable robot tool designs and integration applica-
 tions, *Industrial Robot: An International Journal*, Vol. 30(4), pp. 338-344.
 Rauste-Von Wright, M.L., Von Wright, J. & Soini, T. (2003). *Oppiminen ja koulu-*
tus, 9th ed. WSOY, Helsinki, 262 p.

Rinne, R., Mäkinen, J., Olkinuora, E. & Suikkanen, A. (2006). Linda ja elinikäi-
 sen koulutuksen muuttuvat lähtökohdat, *Elinikäisestä työstä elinikäiseen oppi-*
miseen, PS-Kustannus, Jyväskylä, pp. 11-23.

Robotics Online Marketing Team Collaborative Robots Market Update 2018,
 Robotics Online Blog, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.9.2018): [https://www.ro-
 botics.org/blog-article.cfm/Collaborative-Robots-Market-Update-2018/84](https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Collaborative-Robots-Market-Update-2018/84).

SAK (2018). SAK:n työolobarometri, Miten uusi teknologia muuttaa palkansaa-
 jien työtä? SAK, Helsinki, 10 p. Saatavissa: [https://www.sak.fi/serve/miten-uusi-tek-
 nologia-muuttaa-palkansaaajien-tyota](https://www.sak.fi/serve/miten-uusi-tek-

 nologia-muuttaa-palkansaaajien-tyota).

Salmi, T. Robotiikka - monien mahdollisuuksien tekniikkaa, VTT, verkkosivu.
 Saatavissa (viitattu 23.05.2018): [https://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Robotiikka-
 %E2%80%93monien-mahdollisuuksien-tekniikkaa.aspx](https://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Robotiikka-

 %E2%80%93monien-mahdollisuuksien-tekniikkaa.aspx).

SAMK opetussuunnitelmat (2017), Satakunnan ammattikorkeakoulu Oy, verk-
 kosivu. Saatavissa (viitattu 6.5.2018): [https://samk.solenovo.fi/opsnet/disp/fi/ops_Etu-
 sivu/tab/nop/sea?lukuvuosi=2384255&ryhmyttyp=1&stack=push](https://samk.solenovo.fi/opsnet/disp/fi/ops_Etu-

 sivu/tab/nop/sea?lukuvuosi=2384255&ryhmyttyp=1&stack=push).

Savonia AMK Opetussuunnitelmat, Savonia ammattikorkeakoulu Oy, verkko-
 sivu. Saatavissa (viitattu 5.5.2018): [http://portal.savonia.fi/amk/fi/opiskelijalle/opetus-
 suunnitelmat](http://portal.savonia.fi/amk/fi/opiskelijalle/opetus-

 suunnitelmat).

Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*, First edition ed. Crown Busi-
 ness, New York, 184 p.

Schön, L. (2013). *Maailman taloushistoria; teollinen aika*, SNS Förlag, Tuk-
 holma, 541 p.

SeAMK opetussuunnitelmat (2017), Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy, verkko-
 sivu. Saatavissa (viitattu 5.5.2018): [http://ops.seamk.fi/fi/2017-
 2018/?part=tu&page=tutkinnot](http://ops.seamk.fi/fi/2017-

 2018/?part=tu&page=tutkinnot).

SeAMK (2018). Oppiminen SeAMKissa, Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy, Seinäjoki, 3 p.

SeAMK (2016). SeAMK strategia 2015-2020, Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy, Seinäjoki, 16 p.

Siirilä, T. & Tytykoski, K. (2016). Koneturvallisuuden käsikirja, Inspecta Oy, Helsinki, 720 p.

Simmons, M. The secret to lifelong success is lifelong learning, World Economic Forum, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.7.2018): <https://www.weforum.org/agenda/2018/01/the-secret-to-lifelong-success-is-lifelong-learning>.

Singleton Jr, R.A. & Straits, B.C. (2001). Survey interviewing, in: Gubricum, J.F. & Holstein, J.A. (ed.), The handbook of interview research, SAGE Publications, Inc., California, pp. 59-82.

Soini, A. (2001). Machine vision technology take-up in industrial applications, ISPA 2001. Proceedings of the 2nd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis. In conjunction with 23rd International Conference on Information Technology Interfaces (IEEE Cat), IEEE, pp. 332-338.

Suomala, J. (2003). Tutkimus- ja kehittämisprojektit opiskelijoiden oppimisympäristöinä, Ammattikorkeakoulupedagogiikka, Edita, Helsinki, pp. 95-109.

TAMK Opetussuunnitelmat (2017), Tampereen ammattikorkeakoulu Oy, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 6.5.2018): <http://opinto-opas-ops.tamk.fi/index.php/fi/167/fi>.

Triton Innovation: Industry 4.0, Triton innovation, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.6.2018): <https://www.tritoninnovation.com/industry40/>.

Valtioneuvosto Valtioneuvoston periaatepäättös vauhdittamaan älykästä robotiikkaa ja automaatiota, Valtioneuvosto, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 31.5.2018): http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/valtioneuvoston-periaatepaatos-vauhdittamaan-alykasta-robotiikkaa-ja-automaatio-1.

VAMK opetussuunnitelmat (2017), Vaasan ammattikorkeakoulu Oy, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 5.5.2018): <http://www.puv.fi/fi/study/curricula/>.

Warlick, D. (2009). Grow your personal learning network, Learning & Leading with Technology, Vol. 2009 pp. 12-16.

Winn, W. (2002). Research into Practice: Current Trends in Educational Technology Research: The Study of Learning Environments, Educational Psychology Review, Vol. 14(3), pp. 331-351.

Wyatt, J.C.W. (2000). When to Use Web-based Surveys, Journal of the American Medical Informatics Association, Vol. 7(4), pp. 426-430.

Yli-Suomu, J. Diplomi-insinööri, Laboratorioinsinööri, SeAMK Oy, Seinäjoki, Haastattelu 7.5.2018.

Zanchettin, A.M., Ceriani, N.M., Rocco, P., Ding, H. & Matthias, B. (2016). Safety in Human-Robot Collaborative Manufacturing Environments: Metrics and Control, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, Vol. 13(2), pp. 882-893.

LIITE A: KYSELYHAASTATTELULOMAKE



Teollisuusrobotiikan tutkimus; ammattikorkeakoulu ja robotiikka



Hei, nimeni on Jarno Arkko ja teen tutkimusta robotiikan opetuksesta Seinäjoen ammattikorkeakoulussa. Tutkimuksen tavoitteena on saada käsitys teollisuusyritysten robotiikan tilasta ja osaamistarpeesta, jotta koulutustavoitteita teollisuusrobotiikan osalta voidaan kohdistaa tarkemmin. Vastauksia käsitellään anonyymisti, jos haluat voit jättää vastaamatta tehtävänimikkeeseen.

1. Vastaaajan tehtävänimike?

Enter your answer

2. Kuinka paljon yrityksessänne on henkilöstöä? *

- ☐ Yli 250 henkilöä
- ☐ 50-250 henkilöä
- ☐ 10-50 henkilöä
- ☐ alle 10 henkilöä

3. Yrityksen päätoimiala? *

- ☐ Kone- ja metalliteollisuus
- ☐ Elektroniikka- ja sähköteollisuus
- ☐ Metsäteollisuus
- ☐ Elintarviketeollisuus
- ☐ Kemianteollisuus
- ☐ Metallien jalostus
- ☐ Kaivostoiminta
- ☐ Tekstiili- ja vaateteollisuus
- ☐ Sähkö-, kaasu- ja vesihuolto
- ☐ Huonekaluteollisuus
- ☐ Ajoneuvoteollisuus
- ☐ Muu tehdasteollisuus

4. Mikä on yrityksen sijainti?

- ☐ Etelä-Karjala
- ☐ Kanta-Häme
- ☐ Kymenlaakso
- ☐ Päijät-Häme
- ☐ Uusimaa
- ☐ Etelä-Savo
- ☐ Pohjois-Karjala
- ☐ Pohjois-Savo
- ☐ Lappi
- ☐ Satakunta
- ☐ Varsinais-Suomi
- ☐ Etelä-Pohjanmaa
- ☐ Keski-Pohjanmaa
- ☐ Keski-Suomi
- ☐ Pirkanmaa
- ☐ Pohjanmaa
- ☐ Kainuu
- ☐ Pohjois-Pohjanmaa
- ☐ Ahvenanmaa

5. Onko yrityksessänne käytössä teollisuusrobotteja? *

- ☐ Kyllä, 1-5 kpl
- ☐ Kyllä, 6-15 kpl
- ☐ Kyllä, yli 15 kpl
- ☐ Ei ole

6. Onko näistä teollisuusroboteista jokin yhteistyörobotti?

Yhteistyörobotit ovat robotteja, joiden tarkoituksena on kyky voida työskennellä ihmisten kanssa tuotannossa, ilman täysin suljettua työskentelytilaa. Yhteistyö voidaan toteuttaa monella eri tapaa ja roboteista ehkä tunnetuimmat ovat Universal Robots -mallit, jotka tunnetaan nimillä UR3, UR5 ja UR10. Universal Robots toteuttaa yhteistyömahdollisuutta voima- ja nopeusrajoituksilla, mutta yhteistyötä on mahdollista toteuttaa esimerkiksi liikeskannereilla, jotka ilmoittavat lähestyvistä ihmisestä ja pysäyttävät robotin ihmisen ollessa "liian" lähellä. Jos yrityksessänne ei ole robotteja, valitse en tiedä.

- ☐ Kyllä on
- ☐ Ei ole
- ☐ En tiedä

7. Missä prosessin osissa käyttämänne robotit työskentelevät?

- ☐ Kokoonpano
- ☐ Hitsaaminen / Juottaminen
- ☐ Pakkaaminen
- ☐ Maalaaminen
- ☐ Leikkaaminen
- ☐ Liiman, nesteen tms. levitys
- ☐ Testaus / laadunvarmistus
- ☐ Materiaalin esivalmistelu
- ☐ Koneenpalvelu
- ☐ Hiominen, jäysteenpoisto tai muu vastaava
- ☐ Other

8. Onko yrityksessänne mielestänne jokin prosessin vaihe, joka voitaisiin automatisoida?

Yleisimpiä robotin käyttökohteita ovat kappaleenkäsittely ja hitsaaminen, mutta robotteja käytetään paljon esimerkiksi kokoonpanossa ja maalaamisessa.

Enter your answer

9. Mitkä teollisuusrobotiikan osa-alueet ovat mielestäsi ammattikorkeakoulusta valmistuneen tärkeää osata? (1/4) (Mekaniikka, toiminta) *

1 = ei kovin tärkeä, 4 = Erittäin tärkeä

	1	2	3	4
Mekaanisten rakenteiden ja eri tyyppien tuntemus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tarttujen ja työkalujen tuntemus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anturointien ja niiden tarkoituksien tuntemus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
I/O kommunikointi ja liitännät muihin järjestelmiin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Mitkä teollisuusrobotiikan osa-alueet ovat mielestäsi ammattikorkeakoulusta valmistuneen tärkeää osata? (2/4) *

1 = ei kovin tärkeä, 4 = Erittäin tärkeä (Ohjelmointi)

	1	2	3	4
Robottien liikeratojen laskenta, kinematiikka	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robottisolun simulointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robottisolun etiohjelmointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Käsitöhtelmointi, ohjelmien korjaukset ja muutokset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Mitkä teollisuusrobotiikan osa-alueet ovat mielestäsi ammattikorkeakoulusta valmistuneen tärkeää osata? (3/4) *

1 = ei kovin tärkeä, 4 = Erittäin tärkeä (Suunnittelu ja ohjelmointi)

	1	2	3	4
Tarvikkeiden ja työkalujen suunnittelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotiikan huomioiva tuotesuunnittelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Konenäön soveltaminen robotiikassa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muiden robotiikassa käytettävien ohjelmointilaitteiden tuntemus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Mitkä teollisuusrobotiikan osa-alueet ovat mielestäsi ammattikorkeakoulusta valmistuneen tärkeää osata? (4/4) *

1 = ei kovin tärkeä, 4 = Erittäin tärkeä (Turvallisuus, erikoistapaukset)

(Yhteistyörobotit ovat robotteja, joiden tarkoituksena on kyky voida työskennellä ihmisten kanssa tuotannossa, ilman täysin suljettua työskentelytilaa.)

	1	2	3	4
Turvallisuus ja siihen liittyvät standardit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Teollisuusrobotin hankintaprosessin tuntemus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mobiilirobotiikan erikoisosaaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yhteistyörobotiikan erikoisosaaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Onko jokin muu osa-alue, jonka haluaisit mainita tärkeänä tai ei niin tärkeänä?

Enter your answer

14. Valitse mielestäsi väittämiä parhaiten kuvaava arvo *

1 = En ole samaa mieltä, 6 = Olen täysin samaa mieltä

	1	2	3	4	5	6
Robotit parantavat prosessin laatua	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotteja käytettäessä tuottavuus paranee	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotit ovat kallis investointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotin ohjelmointi on erittäin vaativaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotti vie aivan liikaa tuotantotilaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robottien turvallisuutta tulisi parantaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotiikka on liian monimutkaista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotiikan osaaminen on erikoisosaamista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Henkilöstömme robotiikan osaaminen on hyvällä tasolla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Mitä ajatuksia tekoälyn kehittäminen teollisuusrobotiikkaa silmälläpitäen herättää?

Enter your answer

16. Mitä pidit tästä kyselystä?

1 tähti = Huono, 5 tähteä = Erinomainen



17. Vapaa sana

Kommentteja, terveisiä tutkimuksen tekijälle

Enter your answer